

**EFFECTO DE FUENTES DE NITRÓGENO DE ORIGEN ORGÁNICO A
DIFERENTES DOSIS EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus*)
(L) MERR. HÍBRIDO MD-2 CULTIVADA BAJO TÉCNICAS
ORGÁNICAS**

JORGE ANDREY RODRÍGUEZ GÓMEZ

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2010

**EFFECTO DE FUENTES DE NITRÓGENO DE ORIGEN ORGÁNICO A
DIFERENTES DOSIS EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus*)
(L) MERR. HÍBRIDO MD-2 CULTIVADA BAJO TÉCNICAS
ORGÁNICAS**

JORGE ANDREY RODRÍGUEZ GÓMEZ

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2010

**EFFECTO DE FUENTES DE NITRÓGENO DE ORIGEN ORGÁNICO A
DIFERENTES DOSIS EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus*)
(L) MERR. HÍBRIDO MD-2 CULTIVADA BAJO TÉCNICAS
ORGÁNICAS**

JORGE ANDREY RODRÍGUEZ GÓMEZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

Asesor interno

Ing. Agr. Bernardo Piedra Gutiérrez, Lic.

Asesor externo

Ing. Agr. Parménides Furcal Berigüete, M.Sc.

Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

Coordinador
Trabajos Finales Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

Director
Escuela de Agronomía

2010

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios todo poderoso quien me ha dado todo lo que necesito, esperando que este trabajo forme parte de los designios que él tiene para mí.

A mi madre Ana Lucia Gómez Vega, quien desde cielo junto a Dios me ha protegido y ayudado.

A toda mi familia que nunca me ha dejado solo, apoyándome y creyendo en mí siempre.

AGRADECIMIENTO

A nuestro señor Jesús por darme la oportunidad de haber concluido este trabajo.

A mi padre Jorge Rodríguez Ugalde por apoyarme siempre y haberme ensañado los primeros pasos en la agricultura.

Agradezco a mis hermanas María Elena, Yamileth y Kathya que siempre me han apoyado y guiado de la mejor manera, gracias por todo.

A mis hermanos Olger y Máx, quienes además de hermanos son mis amigos, gracias por comprenderme y apoyarme.

A mi novia Merilin María Sánchez Solís, quien ha sido un gran apoyo en la realización de este trabajo, tanto físicamente como moralmente, gracias amor.

Al personal de la Fundación PROAGROIN-ZN quienes me dieron la oportunidad de realizar este trabajo, principalmente a Bernardo Piedra, Jessica Linares, Jorge Álvarez y Randall Blanco, muchas gracias.

Agradezco a todo el personal académico y administrativo del ITCR quienes siempre estuvieron anuentes para ayudarme en mi formación académica y personal, en especial al profesor Arnoldo Gadea Rivas, muchas gracias.

Muchas gracias a todos mi compañeros y amigos del TEC, en especial a: Didier, Ronny, Jemidos, Karikco, Fernando, Oلمان, Luisisisi, Heredia, Pipiolo, Pupa, Los Mata Perros, Jey, La Negra, Sofía, Rosa, Yigüirra, Erika y Tere, gracias por todo el apoyo en nuestros años juntos que de una u otra manera siempre nos necesitamos los unos a los otros.

Muchas gracias a todos aquellos que se me quedan sin mencionar pero saben que les guardo un gran cariño y agradecimiento.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
TABLA DE CONTENIDOS.....	III
LISTA DE CUADROS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
1 INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 HIPÓTESIS	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 ORIGEN DE LA PLANTA DE PIÑA	4
2.2 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA.....	4
2.3 MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA	4
2.4 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS.....	5
2.4.1 Temperatura	5
2.4.2 Precipitación	5
2.4.3 Luminosidad	5
2.4.4 Viento	6
2.5 NUTRICIÓN	6
2.5.1 Nitrógeno (N)	7
2.6 AGRICULTURA ORGÁNICA	9
2.6.1 Fertilización orgánica.....	10
2.6.2 Abonos orgánicos.....	10
2.7 INDUCCIÓN FLORAL O FORZAMIENTO.....	12
3 MATERIALES Y METODOS	13
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO	13

3.1.1	Condiciones climáticas	13
3.1.2	Condiciones edáficas.....	14
3.1.3	Periodo de ejecución de la investigación	14
3.2	DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN	15
3.3	MANEJO DEL ENSAYO	15
3.4	TRATAMIENTOS EVALUADOS	16
3.4.1	Fuentes de nitrógeno.....	16
3.4.2	Dosis.....	16
3.5	UNIDAD EXPERIMENTAL Y PARCELA ÚTIL	18
3.6	VARIABLES EVALUADAS	20
3.6.1	Biomasa de la planta	21
3.6.2	Absorción de nutrimentos	21
3.6.3	Biomasa, longitud y ancho de la hoja “D”	22
3.6.4	Color de la hoja “D”.....	22
3.6.5	Cantidad de hojas de la planta	23
3.6.6	Análisis económico	23
3.7	DEFINICIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	23
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1	BIOMASA DE LA PLANTA	25
4.1.1	Peso fresco de la planta	25
4.1.2	Peso seco de la planta	27
4.1.3	Peso seco de la raíz	28
4.2	ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS	29
4.2.1	Absorción de nitrógeno (N).....	30
4.2.2	Absorción de fósforo (P)	37
4.2.3	Absorción de potasio (K)	40
4.2.4	Absorción de calcio (Ca).....	41
4.2.5	Absorción de magnesio (Mg).....	44
4.2.6	Absorción de azufre (S)	45
4.2.7	Absorción de hierro (Fe)	47
4.2.8	Absorción de zinc (Zn).....	49

4.2.9	Absorción de manganeso (Mn).....	51
4.2.10	Absorción de boro (B)	53
4.2.11	Absorción de cobre (Cu).....	55
4.3	COLOR DE HOJA “D”	56
4.4	BIOMASA, LONGITUD Y ANCHO DE LA HOJA “D”	58
4.5	CANTIDAD DE HOJAS DE LA PLANTA	62
4.6	ANÁLISIS ECONÓMICO	63
5	CONCLUSIONES	70
6	RECOMENDACIONES.....	72
7	LITERATURA CITADA.....	73
8	ANEXOS.....	76

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	Extracción de NPK en kg/ha según diversos autores.	6
2.	Efecto de diferentes dosis de N sobre el crecimiento vegetativo de la piña.	9
3.	Influencia de diferentes dosis de N en la producción y calidad de la piña.	9
4.	Materiales de origen animal utilizados como abono orgánico y su respectiva concentración de nutrimentos (%).	12
5.	Promedios anuales de temperatura y precipitación de la Región Norte de Costa Rica, subregión 3 (RN3).	13
6.	Temperatura y precipitación del primer semestre del año 2009, reportados por la estación meteorológica de APACONA, ubicada en Colonia Naranjeña, Katira, Guatuso.	14
7.	Resultados del análisis de suelo realizado en el área experimental, lote 4 en finca Felipe Rojas, Letras de Guatuso, 2008.	14
8.	Fuentes de variación y grados de libertad utilizados para el ANDEVA realizado a las variables medidas en esta investigación.	24
9.	Comparación y promedio de la concentración de nitrógeno y porcentaje de humedad que contenía cada abono en cada una de las tres aplicaciones que se realizaron.	63
10.	Costo por kilogramo, costo por ha, costo por unidad de nitrógeno y la diferencia porcentual de la Harina de Pescado y el Terrafert® respecto a la aplicación de Harina de Sangre, a la dosis de 150kg de nitrógeno por ha.	64
11.	**Costos de los diferentes abonos de acuerdo a la concentración de nitrógeno y porcentaje de humedad teóricos que contienen estos.	65
12.	***Comparación entre el cálculo de dosis a base teórica y mediante la obtención de resultados, respecto a la concentración de N y porcentaje de humedad, para obtener una dosis de 150kg de N/ha y su respectiva comparación económica.	68

13. ***Costo del producto comercial, puesto en Guatuso, para el suministro de fósforo y nitrógeno que se tendría por hectárea y la respectiva diferencia porcentual con respecto a la Harina de Sangre.

69

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Representación de la medida utilizada (envase) para la medición de la cantidad de producto a aplicar por planta y la respectiva cantidad de producto a aplicar en cada una de las unidades experimentales (bolsa), para la aplicación de los tratamientos en esta investigación. Guatuso. 2008.....	18
2.	Representación esquemática del bloque experimental con su respectiva distribución de tratamientos en cada una de las unidades experimentales de esta investigación. Guatuso. 2009.....	19
3.	Segmento del bloque experimental representando la distribución de la unidades experimentales a lo ancho del bloque en la investigación realizada, Guatuso. 2008.....	19
4.	Representación de cuatro unidades experimentales, la respectiva parcela útil y la planta tomada como muestra en esta investigación. Guatuso. 2008.	20
5.	Escala de colores elaborada y utilizada para comparar el color de las hojas “D” de las plantas evaluadas en la investigación.....	23
6.	Comparación de las medias del peso fresco de la planta en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	25
7.	Comparación de las medias del peso seco de la planta en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	28
8.	Comparación de las medias del peso seco de la raíz en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.	29
9.	Comparación de las medias en la absorción de nitrógeno del cultivo de piña (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada con técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de	

nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.	30
10. Comparación de las medias en la absorción de nitrógeno con respecto a lo que le fue aportado por cada una de las dosis de las diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico y su respectiva diferencia entre lo aportado y lo absorbido, en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.	33
11. Comparación de la cantidad total de nitrógeno aportado (abono, hijo y vía foliar) con respecto a lo que absorbió en total y su respectiva diferencia entre lo aportado y lo absorbido, en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada con técnicas orgánicas y bajo efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en letras de Guatuso. 2009.....	34
12. Comparación de las medias en la absorción de fósforo (P) que tuvo el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	37
13. Comparación entre las medias de las fuentes de abonos utilizados en cuanto a la cantidad de fósforo absorbido por el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2, cultivado bajo técnicas de producción orgánica, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	38
14. Comparación de las medias en la absorción de potasio que tuvo el cultivo de piña (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.	40
15. Comparación de las medias en la absorción de calcio que tuvo el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	42
16. Comparación de las medias en la absorción de magnesio, que tuvo el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de	

diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	44
17. Comparación de las medias en la absorción de azufre que tuvo el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánica, bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	46
18. Comparación de las medias en la absorción de hierro que tuvo el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	47
19. Comparación de las medias en la absorción de zinc que tuvo el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	49
20. Comparación de las medias en la absorción de manganeso que tuvo el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	51
21. Comparación de las medias de la diferentes fuentes de abono utilizadas, en la absorción de manganeso que tuvo el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.	52
22. Comparación de las medias en la absorción de boro que tuvo el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	54
23. Comparación de las medias en la absorción de cobre que tuvo el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.....	55
24. Comparación de las medias obtenidas en el color de la hoja “D” del cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2	

cultivada con técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Letras de Guatuso. 2009.	57
25. Comparación de las medias en el peso de hoja “D”, del cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.	59
26. Comparación de las medias de longitud de hoja “D” de la planta de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada con técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.	60
27. Comparación de las medias, en el ancho de hoja “D”, del cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada con técnicas orgánicas, bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en letras de Guatuso. 2009.	61
28. Comparación de las medias, en el número de hojas por planta, del cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánica y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en letras de Guatuso. 2009.....	62

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert® como fuentes de nitrógeno (N) de origen orgánico en las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha, sobre en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L) Merr. híbrido MD-2 cultivado bajo técnicas orgánicas. Se realizó la evaluación al momento de la inducción floral (227días). Se midió la biomasa de la planta, absorción de nutrimentos, cantidad de hojas y características de hoja “D” (color, longitud, ancho y peso de hoja).

Los resultados reflejaron que no hubo diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas, con excepción de la absorción de fósforo (P) y manganeso (Mn). En el caso de la absorción de P, las plantas tratadas con Harina de Pescado, obtuvieron el valor de absorción mayor (24kg de P/ha), mientras que las plantas tratadas con Terrafert® y la Harina de Sangre obtuvieron los valores de absorción menores (15kg de P/ha). Las diferencias en la absorción de Mn se presentan en las plantas tratadas con Harina de Sangre, mostrando diferencias significativas con respecto a las otras dos fuentes, siendo la Harina de Sangre la que obtuvo el menor valor (5,4kg de Mn/ha), mientras que la Harina de Pescado y el Terrafert® obtuvieron 7,1kg y 7,8kg de Mn/ha, respectivamente.

Se concluye que para el suministro de N al cultivo de piña orgánica se puede usar las tres fuentes de N en cualquiera de las tres dosis utilizadas, lo cual no tendrá diferencias significativas en el desarrollo y nutrición del cultivo de piña a los siete meses y medio de edad. Pese a esto, la Harina de Pescado aporta cantidades de P que aumentan la absorción de este elemento por el cultivo, lo que es ventajoso para su nutrición.

ABSTRACT

Fishmeal, blood meal and Terrafert® effect was evaluated as sources of organic N (doses of 150kg, 200kg and 250kg N/ha), on pineapple (*Ananas comosus* (L.) (MERR.) MD-2 hybrid cultivated under organic techniques. This evaluation was assessed from planting to floral induction (227 days old). Plant biomass, nutrient absorption, number of leaves, and “D” leaf characteristics (color, length, width and weight) were measured.

Results showed no significant differences in any of the variables, except absorption of P and Mn. Regarding absorption P, plants treated with fishmeal obtained highest absorption value (24kg P/ha), while those treated with Terrafert® and blood meal obtained lower values (15kg P/ha). Differences in Mn absorption occurred in plants treated with blood meal, which showed significant differences related to the other two sources. Plants treated with blood meal absorbed 5.4 kg Mn/ha while, fishmeal and Terrafert® absorbed 7.1 kg and 7.8 kg Mn/ha, respectively.

N supply to organic pineapple can be obtained from all three sources of N in any of the three doses analyzed. The different sources and doses do not provide significant differences in pineapple development and nutrition before floral induction. However, fishmeal does provide amounts of P that increase absorption of this element in the crop, which is advantageous for its nutrition.

1 INTRODUCCION

En la actualidad en Costa Rica la piña se considera como el producto de mayor auge. Según Acuña *et al.* (2006) tiempo atrás este cultivo también estaba posicionado como el mejor pagado en el mercado internacional, generando gran fuente de divisas para Costa Rica.

En los últimos años este producto ha tenido una gran popularidad a nivel mundial lo que ha incrementado su demanda. Debido a esto, se ha observado un masivo aumento en la producción del cultivo de piña en Costa Rica, lo que ha causado un fuerte deterioro en los suelos y el medio ambiente por los paquetes tecnológicos aplicados (Picado y Vásquez 2004).

Debido a lo mencionado y aunado a las nuevas tendencias de los consumidores por productos que hayan sido producidos de forma sostenible, se han tenido que buscar nuevas alternativas de producción para tal cultivo (Picado y Vásquez 2004).

La agricultura orgánica ha surgido como respuesta a estos problemas derivados de la agricultura convencional, intentando abrir un camino hacia el futuro. Esta tendencia ha comenzado con mayor fuerza en los países donde los problemas ambientales se manifiestan en primer lugar, es decir, en los más industrializados. Los nuevos enfoques y planeamientos se han ido extendiendo con la idea de buscar soluciones a los crecientes problemas medioambientales (Lampkim 1998).

En Costa Rica, la agricultura orgánica ha tomado relevancia y la piña no se escapa de esta tendencia, pero las técnicas para su producción no están bien determinadas y están en proceso de investigación. De aquí la necesidad de investigar y determinar algunos factores que limitan tal producción para su respectiva solución (Morales 2001).

El suministro de nitrógeno es uno de los factores limitantes, ya que como menciona Molina (2002) estas plantas requieren de fertilización intensiva porque extraen una gran cantidad de nutrimentos, principalmente nitrógeno y potasio y otros como el calcio, magnesio, hierro y zinc.

En piña orgánica, las fuentes de nitrógeno probadas y efectivas son pocas, además las cantidades disponibles son limitadas, por lo que se hace necesario contar con alguna que sea sostenible durante todo el ciclo y no vaya a perjudicar el desarrollo de la planta y por ende la actividad económica del productor (Linares 2008).

Las fuentes disponibles de nitrógeno en forma sólida para la producción orgánica ofrecen un aporte relativamente bajo en los contenidos del nutrimento, como es el caso de los abonos orgánicos: compost, bokashi, lombricompost y otras fuentes tradicionales como gallinaza, pollinaza y estiércol de ganado, los cuales oscilan de 1% a 3% en el mejor de los casos (Piedra 2009).

Actualmente en los proyectos orgánicos de piña (*Ananas comosus*) que desarrolla el Programa de Desarrollo Agroindustrial de Zona Norte (PROAGROIN –ZN) se cuenta con la Harina de Sangre como única fuente de nitrógeno probada y económicamente sostenible. No obstante, hay carencia para el suministro ya que en el país solo existe una empresa que la produce y no satisface la demanda nacional provocando escases en diferentes meses del año y un costo creciente por falta de competencia (Linares 2008).

Por tales antecedentes, se plantea la investigación de otras fuentes de nitrógeno que puedan ser usadas exitosamente en la producción orgánica de piña.

1.1 Objetivo general

Evaluar tres fuentes orgánicas de nitrógeno para uso en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2, cultivado bajo técnicas de producción orgánica en Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de Harina de Sangre, Terrafert® y Harina de Pescado como fuentes de nitrógeno, sobre el estado nutritivo y el desarrollo, al momento de la inducción floral, del cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2, bajo técnicas de producción orgánica.

- Determinar el efecto de dosis crecientes de Harina de Sangre, Terrafert® y Harina de Pescado en el estado nutritivo y el desarrollo, al momento de la inducción floral, del cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2, bajo técnicas de producción orgánica.

1.3 Hipótesis

La Harina de Pescado y el Terrafert® provocan un efecto equivalente a la Harina de Sangre en el desarrollo y nutrición de la piña orgánica.

Conforme aumenta la dosis de nitrógeno utilizado mejorará el estado de desarrollo y nutrición de la piña orgánica.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen de la planta de piña

Según Peña *et al.* (1996), la piña junto a todas las demás bromeliáceas son originarias de América Tropical y Subtropical en una zona que abarca el sur de Brasil, Norte de Argentina y Paraguay. Se cultiva por los indígenas desde antes de la llegada de los españoles a este continente, los cuales ya habían realizado un proceso de selección para obtener frutas sin semilla (Jiménez 1999).

2.2 Descripción Taxonómica

La piña pertenece al Orden Bromeliales, Familia Bromeliaceae, Género *Ananas*, Especies *comosus* (Jiménez 1999).

2.3 Morfología y anatomía

La planta de piña es herbácea, monocotiledónea, perenne, llega a medir hasta un metro de altura con un tallo rodeado de 30 a 40 hojas, largas, gruesas y con espinas; en las nuevas variedades seleccionadas presentan pocas espinas y solo están en las puntas de la hojas, las cuales son muy finas y duras como una aguja (Jiménez 1996).

Peña *et al.* (1996) menciona que las plantas de piña llegan a emitir más de 55 hojas durante el primer ciclo, estas difieren entre sí por su forma y tamaño. De acuerdo a la edad y ubicación las hojas se clasifican en A, B, C, D, E y F, siendo las hojas D las más utilizadas para conocer el estado nutricional y de desarrollo de la planta. Las hojas D son las hojas más jóvenes que han terminado prácticamente su desarrollo.

El sistema radical es superficial, limitado y frágil. En la mayoría de los suelos las raíces no penetran más de 50cm de profundidad, y muy pocas veces se extiende por debajo de los 30cm. Esto permite que se pueda sembrar en densidades muy altas. El sistema radical no tolera suelos mal drenados (Samson 1991).

2.4 Requerimientos climáticos

Peña *et al.* (1996) menciona que la piña se puede sembrar en condiciones variables, pero para la producción comercial se deben de tener ciertas condiciones especiales, siendo la temperatura la más determinante en su crecimiento, aunado a las precipitaciones, luminosidad, vientos, altitud y latitud.

2.4.1 Temperatura

Según CENTA (2003) y Peña *et al.* (1996) el crecimiento de diferentes partes de la planta de piña como las raíces y las hojas disminuye de manera importante a temperaturas menores de 21°C y mayores de 35°C, su máximo crecimiento se da entre los 30°C y 31°C, pero su desarrollo más adecuado es a temperaturas anuales entre los 21°C y 27° C.

2.4.2 Precipitación

Este cultivo es poco exigente en agua debido a sus condiciones morfológicas, al presentar hojas acanaladas y poseer un tejido acuífero que cubre alrededor del 50% de su estructura interna. Se estima que la precipitación óptima es de 1.200mm y 2.000mm distribuidos durante todo el año (Peña *et al.* 1996).

2.4.3 Luminosidad

Este factor participa en los fenómenos de la fotosíntesis y la transpiración. En el caso de la piña se ha comprobado que la disminución de la radiación solar baja los rendimientos y afectan la coloración de los frutos (Peña *et al.* 1996).

La diferenciación de la inflorescencia en la piña está asociada con la disminución de la luminosidad, ocurriendo principalmente cuando los días son más cortos y con nubosidad alta (Peña *et al.* 1996).

La luminosidad interfiere considerablemente en el rendimiento, lo que está relacionado con la síntesis de hidratos de carbono por las hojas y con la utilización del nitrógeno por la planta (CENTA 2003).

2.4.4 Viento

La piña es poco resistente a largos periodos de vientos, disminuye su talla hasta en un 25% cuando va acompañada de lluvias abundantes, también se causan rozamientos que provocan heridas entre las hojas lo que favorece la penetración de hongos en las plantas (CENTA 2003).

Peña *et al.* (1996) menciona que los vientos muy secos estimulan la transpiración y provocan la desecación de los ápices de las hojas y que el roce continuo produce heridas que facilita la penetración de hongos fitopatógenos.

Los vientos moderados y fuertes contribuyen al encamado de las plantas y frutos y en especial cuando se producen simultáneamente con lluvias fuertes o después de un déficit hídrico en la planta por determinado periodo (Peña *et al.* 1996)

2.5 Nutrición

Según Peña *et al.* (1996), la planta de piña consume grandes cantidades de nutrimentos, principalmente de nitrógeno y potasio, lo que concuerda con lo mencionado por Molina (2002). Este autor también menciona que el calcio, magnesio, hierro y el zinc son de gran importancia para el cultivo por lo que es necesario un programa de fertilización intensivo.

Peña *et al.* (1996) menciona que la influencia de la fertilización en la piña se refleja en el desarrollo de la planta, el rendimiento y la calidad de los frutos. En la siguiente tabla se expone la extracción de NPK que reportan varios autores.

Cuadro 1. Extracción de NPK en kg/ha según diversos autores.

Autores	N	P2O5	K2O
Stewart y col.	67	19	238
Krauss	350	121	1131
Follett-Smith y Bourne	107	87	411
Bonane	83	28	437
Cowie	123	34	308

Fuente: Peña *et al.* 1996.

En otro estudio realizado en Cuba se determinó que el Cultivar Española Roja, plantada en un suelo ferralítico rojo, la extracción de NPK en la piña con rendimientos de 110ton/ha es de 450 a 500kg/ha de N, 125 a 150kg/ha de P_2O_5 y 1020 a 1460kg/ha de K_2O (Peña *et al.* 1996).

Por otra parte Py (1969) cita que en Guinea, las inmovilizaciones totales de nutrimento por ha necesarias para los 38.000 pies de una plantación cuya cosecha se estimó en 55t, destinada a la exportación del fruto fresco, fueron determinadas por Martin Prevel y su reparto fue: 205kg/ha de N, 58kg/ha de P_2O_5 , 393kg/ha de K_2O , 121kg/ha de CaO y 42kg/ha de MgO.

Molina (2002) reporta que el punto máximo de absorción de la piña híbrido MD-2 es de 266kg/ha de N, 38kg/ha de P, 593kg/ha de K y 82kg/ha de Ca.

2.5.1 Nitrógeno (N)

Las plantas normalmente contienen de uno a cinco por ciento de nitrógeno por peso (Kass 1998). Molina (2002) indica que la concentración media de la parte basal de la hoja "D" de piña es de 1,2% a 1,7%, menos de 1,2% se considera bajo y mayor a 1,7% es un nivel alto. Mills y Jones (1996), citados por Montero (2005), indican que el rango de suficiencia de concentración de nutrimentos de la cuarta hoja de la planta de piña en época de verano es de 1,5% a 2,5%.

El nitrógeno es absorbido por las raíces, en forma de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). En suelos cálidos, húmedos, y bien aireados, la forma de absorción más dominante es el nitrato (Kass 1998).

Una suplementación adecuada de nitrógeno se asocia con una alta actividad fotosintética, un crecimiento vegetativo vigoroso, y un color verde oscuro de las plantas. El exceso de nitrógeno presenta una relación dominante respecto a otros nutrimentos, principalmente fósforo, potasio y azufre. Esto puede retrasar la madurez de los cultivos (Kass 1998).

En el cultivo de piña, las deficiencias de nitrógeno se observa que las hojas presentan una coloración amarilla, pequeña, estrecha y poco numerosa; plantas raquílicas con crecimiento lento; fruto pequeño de coloración rojiza y corona

pequeña. Un exceso de este elemento disminuye la respuesta de la planta a la inducción floral, baja la calidad del fruto, produce el acame de la planta y el fruto, produce mucho crecimiento vegetativo y demasiado tamaño de corona (Peña *et al* 1996).

Según Jiménez (1999) las plantas de piña deficientes de este elemento presentan hojas de varios colores. También menciona que en las primeras etapas del desarrollo, las deficiencias de nitrógeno no detienen el crecimiento, pero si no se suministra en etapas posteriores el crecimiento se ve afectado.

El mismo autor indica que la deficiencia extrema de nitrógeno se da cuando se presenta una concentración menor de 0,10% en peso seco del centro de las hojas "D". Sin embargo, cuando la concentración aumenta, el color verde también aumenta. Si los otros elementos están en niveles óptimos y el nitrógeno encima del mínimo, se da una condición más que óptima para el desarrollo de la piña.

Py (1969) menciona que las carencias de nitrógeno en la planta de piña provocan clorosis del follaje que corrientemente comienza por las hojas más viejas, la planta es raquítica y el crecimiento es muy lento, con fruto pequeño y muy coloreado y no se presentan bulbillos.

Es necesario garantizar una buena nutrición nitrogenada durante los meses que anteceden al momento de la inducción floral, lo cual garantiza plantas con buen desarrollo, producción y calidad de los frutos y a la vez se evitan los inconvenientes de una fertilización después de la floración la cual trae consigo una disminución en la calidad del fruto y un crecimiento excesivo del pedúnculo, aunque puede tener la ventaja de aumentar los rendimientos y el número de vástagos basales y el desarrollo de los axilares que garantiza una segunda cosecha de mayor producción (Peña *et al.* 1996)

Peña *et al.* (1996) presenta resultado del efecto de nitrógeno en la piña, obtenidos en la occidental de Cuba en el cultivar Española Roja con una densidad de 50 000 plantas/ha, los cuales se muestran a continuación.

Cuadro 2. Efecto de diferentes dosis de N sobre el crecimiento vegetativo de la piña.

Dosis de N		No de hojas emitidas	Masa foliar total	No de vástagos	
g/pl	Kg/ha			basales	axilares
5	250	23	732	0,17	0,39
10	500	27	1.484	1,18	1,18
15	750	29	1.199	1,28	1,11

Fuente: Peña *et al*, 1996.

Cuadro 3. Influencia de diferentes dosis de N en la producción y calidad de la piña.

Dosis de N		Rend. Ton/ha	Grados brix	Acidez meq/100ml	Vitamina C mg/100g
g/pl	Kg/ha				
5	250	45,9	13	11	12
10	500	53,0	14	11,7	14,5
15	750	56,4	14	10,5	17

Fuente: Peña *et al*, 1996.

2.6 Agricultura orgánica

Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos mencionado por Lampkin (1998) define a la agricultura orgánica como: “un sistema de producción que evita o excluye en gran medida la utilización de fertilizantes compuestos sintéticos, plaguicidas, reguladores de crecimiento y aditivos para la alimentación de ganado. En la medida de lo posible, los sistemas de agricultura orgánica se basan en el mantenimiento de la productividad del suelo y su estructura, la aportación de nutrimentos a plantas y el control de los insectos, malas hierbas y otras plagas, en rotación de cultivos, los residuos de los cultivos, los abonos animales, las leguminosas, los abonos verdes, la utilización de residuos orgánicos producidos fuera de la finca, y determinados del control biológico de plagas”.

El concepto de suelo como ser vivo que estimula la actividad de los organismos benéficos es la idea central de la definición anterior.

2.6.1 Fertilización orgánica

La fertilización orgánica utiliza el mismo sistema que usa la naturaleza para mantener la vida mediante el reciclaje de nutrimentos. Esta se basa en la aplicación de fertilizantes naturales producidos por la descomposición de los desechos vegetales y animales. Además de su origen natural, estos fertilizantes se caracterizan por su baja solubilidad, entregando más lentamente los nutrimentos a las plantas, pero su efecto es de mayor duración. Otra característica es su variada composición de nutrimentos que responde de manera equilibrada a las necesidades de las plantas (Narea y Valdivieso 2002).

Coronado (1997) menciona que los abonos orgánicos, también se conocen como enmiendas orgánicas, fertilizantes orgánicos, fertilizantes naturales, entre otros. Asimismo, existen diversas fuentes orgánicas como por ejemplo: abonos verdes, estiércoles, compost, "humus de lombriz", bioabonos, los cuales varían su composición química de acuerdo al proceso de preparación e insumos que se emplee.

En la mayoría de los países productores de piña, la fertilización orgánica se ha limitado a incorporación de los rastrojos de las cosechas (Peña *et al.* 1996).

En muchos lugares no se dispone de cantidades suficientes de abonos orgánicos para aplicar a la piña y otros casos resulta muy costoso (Peña *et al.* 1996).

2.6.2 Abonos orgánicos

La mayoría de los abonos orgánicos (de origen animal o vegetal) contienen varios elementos nutritivos principalmente nitrógeno y fósforo, así como pequeñas cantidades de potasio y elementos menores, cuya concentración es esencialmente más baja que la de los fertilizantes minerales. A pesar de eso los abonos orgánicos no deberán valorarse únicamente por el contenido de nutrimentos, sino también su benéfico efecto en el suelo. La materia orgánica de éste activa los procesos microbiales, fomentando simultáneamente su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad. Junto con ello actúa como regulador de la temperatura edáfica, retarda la fijación del ácido fosfórico mineral,

y suministra productos de descomposición orgánica que incrementa el crecimiento de la planta. Así mismo representa una fuente de lento y uniforme suministro de nitrógeno, ejerciendo con ello una favorable influencia sobre el contenido proteico de las plantas (Jacob y Uexkull 1973).

Las sustancias orgánicas con muy bajo contenido de nitrógeno o, en principio, con elevada relación C/N suelen originar deficiencias temporales de N en la planta, las cuales se traducen en una depresión del rendimiento. Dado que los microorganismos del suelo requieren de una determinada cuantía de nitrógeno para la realización de la descomposición de la materia orgánica edáfica, en menester por ello, que ésta contenga dicho elemento, ya que, en caso contrario, será extraído del suelo. Tal nutrimento es extraído por los microorganismos para la realización de la síntesis de sus propias sustancias corporales, quedando liberado de su fijación temporal solo mediante la muerte de ellos. El empleo de materia orgánica pobre en N deberá ir siempre acompañada de una intensa fertilización mineral nitrogenada, a fin de evitar deficiencias en la planta (Jacob y Uexkull 1973).

Jacob y Uexkull (1973), clasifican los abonos orgánicos en cuatro categorías: estiércol y composta, abonos verdes, cubierta vegetal (mulch) y concentrados orgánicos.

Junto con los abonos orgánicos o ameliorantes del suelo, que proceden de la misma explotación agrícola, existe toda una serie de abonos orgánicos de origen industrial tales como los residuos de plantas oleaginosas, de productos animales, o bien de excrementos (guano). Dichas sustancias pueden contener hasta un 15% de N (sangre seca) o 26% de ácido fosfórico (harina de hueso); su contenido potásico suele ser generalmente bajo y el nitrógeno se presenta en forma de compuesto orgánico, de lenta liberación (Jacob y Uexkull 1973).

Jacob y Uexkull (1973) reportan que la harina de pescado contiene 9,5% de N, la sangre seca 12% y la harina de pezuñas y cuero 14% de N.

Bertsch (1995) menciona que existe una gran variedad de productos que pueden utilizarse como abonos orgánicos. Según su procedencia los hay naturales y fabricados. Dentro de los naturales destacan cualquier tipo de residuo

agrícola, las excreciones y subproductos de origen animal y los residuos urbanos. La composición de algunos de estos abonos de origen animal se presenta a continuación.

Cuadro 4. Materiales de origen animal utilizados como abono orgánico y su respectiva concentración de nutrimentos (%).

Material	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Mg	SO ₄
Sangre seca	13.0	2.0	1.0	0.5	-	-
Cenizas del hueso	-	35.0	-	46.0	1.0	0.5
Harina de hueso cocido	2,5	25	-	33	0,5	0.5
Harina de pescado	9,5	7	-	8,5	0,5	0.5
Harina de cacho y pez	14	1	-	2,5	-	2.0
Desechos de camarón	7	4	1	7,5	-	-
Tankaje animal	7	10	0,5	15,5	0,5	1.0

Fuente: Bertsch, 1995.

2.7 Inducción floral o forzamiento

Para llevar a cabo la inducción floral, la planta debe de cumplir con cierto desarrollo el cual asegure que esa planta pueda dar un fruto de buen tamaño, para lo cual se utiliza como parámetro el peso de la planta (Jiménez 1999).

La inducción floral se realiza entre los ocho y diez meses después de la siembra o cuando la planta alcance un peso promedio de 2kg a 2,5kg (Castro 1998). A diferencia de esta autora, VIFINEX (1999) menciona que la planta debe tener un peso de 3kg a 3,2kg a los siete ó ocho meses de sembrado.

En general las plantas más jóvenes y poco desarrolladas producen frutas más pequeñas que las plantas con más edad y desarrollo (Castro 1998). Existe menor respuesta a la floración por parte de las plantas que poseen un alto nivel de nitrógeno y bajo contenidos de carbohidratos (Peña *et al.* 1996).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del estudio

El trabajo se realizó en la finca del Sr. Felipe Rojas Chávez, productor de piña orgánica perteneciente al Programa de Desarrollo Agroindustrial de la Zona Norte (PROAGROIN-ZN), en el asentamiento Las Letras, Katira, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.

3.1.1 Condiciones climáticas

Según Solano y Villalobos (sf), el cantón de Guatuso se encuentra dentro de las condiciones de clima tropical húmedo, con un tipo de vegetación de bosque húmedo tropical, formando parte de la Región norte del país y agrupado en la subregión 3 (RN3).

En el Cuadro 5 se presentan las condiciones climáticas de la región norte del país, subregión 3 (RN3).

Cuadro 5. Promedios anuales de temperatura y precipitación de la Región Norte de Costa Rica, subregión 3 (RN3).

Lluvia media anual (mm)	T. Máxima media anual (°C)	T. Mínima media anual (°C)	T. Media anual (°C)	Promedio de días con lluvia	Duración del periodo seco (meses)
2722	31	22	26	204	3

Fuente: Solano, Sf.

En el Cuadro 6 se presentan los datos de precipitación y temperatura en el primer semestre del año 2009, de la zona de Katira de Guatuso.

Cuadro 6¹. Temperatura y precipitación del primer semestre del año 2009, reportados por la estación meteorológica de APACONA, ubicada en Colonia Naranjeña, Katira, Guatuso.

Mes	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)
	Media Máx	Media Mín	Media	Total
Enero	27,4	21,1	23,4	31,2
Febrero	26,5	20,3	22,6	295,0
Marzo	28,0	20,7	23,4	134,0
Abril	30,1	22,1	25,1	56,8
Mayo	30,0	21,9	24,9	23,0
Junio	30,7	22,1	25,4	179,6

3.1.2 Condiciones edáficas

Anteriormente este suelo estuvo dedicado a la ganadería extensiva con potrero natural de la zona. Es la primera vez que se mecaniza y siembra de piña, está clasificado en el orden Ultisol, y presenta las siguientes características químicas (Cuadro 7):

Cuadro 7² . Resultados del análisis de suelo realizado en el área experimental, lote 4 en finca Felipe Rojas, Letras de Guatuso, 2008.

<i>pH</i>	<i>cmol(+)/L</i>					<i>%</i>	<i>mg/L</i>					<i>%</i>
H₂O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	MO
5,8	0,77	7,53	2,08	0,36	10,74	7	ND	6,0	17	105	110	4.8

3.1.3 Periodo de ejecución de la investigación

La ejecución práctica de la investigación se dio durante el periodo de octubre del 2008 a marzo del 2009.

¹ Los datos meteorológicos del primer semestre del 2009 son los únicos disponibles en esta estación meteorológica.

² El análisis se realizó en el laboratorio del CIA y la solución extractora fue KCl y Olsen modificado

3.2 Definición de la población

Se sembró la variedad de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr Híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas.

Se seleccionó un área de 386 m² para realizar la investigación, la cual fue homogénea en cuanto a su topografía y clase de suelo.

La semilla (hijo) se seleccionó de acuerdo a su tipo y peso. Se utilizó hijo guía o axilar con un peso de 400± 50g.

La siembra se hizo a distancias homogéneas tanto entre plantas como entre camas; la distancia entre las camas fue de 1,2m y entre las plantas a 0,27m a dos hileras por cama sembradas en forma de “pata de gallo”. De esta forma se obtuvo una densidad promedio de plantación de 60.000 plantas por hectárea efectiva.

3.3 Manejo del ensayo

En el ensayo se realizaron las mismas labores que se ejecutan normalmente durante la producción de piña orgánica bajo el paquete tecnológico que recomienda PROAGROIN, la única diferencia del manejo de la plantación fue con respecto a la fertilización nitrogenada.

Es importante mencionar que en el paquete tecnológico de PROAGROIN se utilizan otras fuentes de fertilizantes para el suministro de los demás nutrientes. En el caso particular de este ensayo se utilizó: sulfato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de hierro, ácido bórico, emulsión de pescado, quelato de zinc y quelato de calcio, los cuales fueron suministrados vía foliar. Es importante resaltar que normalmente se recomienda utilizar enmienda y roca fosfórica al suelo, pero en este caso no se utilizó ninguno de estos insumos.

El suministro de N se hizo como generalmente se hace, aplicando la Harina de Sangre transcurrido 45 días después de la siembra, luego a los 90 días de edad y la última a los 135 días de edad, la diferencia de lo experimental con respecto al manejo tradicional fue las fuentes de nitrógeno y dosis respectivas.

3.4 Tratamientos evaluados

Se evaluaron nueve tratamientos en total conformados por tres fuentes de nitrógeno orgánico a tres dosis cada una de ellas.

3.4.1 Fuentes de nitrógeno

Las tres fuentes utilizadas fueron las siguientes: Harina de Sangre, Terrafert® y Harina de Pescado.

Harina de Sangre

Esta fuente contiene una concentración de nitrógeno que oscila en un rango de 6% a 12%, una humedad entre un 20% y 35%. Es el producto que actualmente se está utilizando como fuente de nitrógeno en el programa de fertilización recomendado por PROAGROIN, por lo que se tuvo como referencia para la comparación con las demás fuentes. El estado físico de esta fuente de nitrógeno es polvo fino suelto.

Terrafert®

Este producto es distribuido por Inversiones y Agronegocios JM S. A. Es un fertilizante orgánico, con un alto contenido de nitrógeno, producido a partir de queratinas hidrolizadas de origen natural.

Este producto cuenta con un porcentaje de nitrógeno de un 12% y una humedad de 8,5%, su estado físico es polvo fino suelto.

Harina de Pescado

Sardimar es la empresa que distribuye este producto, presenta una concentración de nitrógeno de 7,8% a 8,8%, con un máximo de humedad de un 10% máximo y su estado físico es polvo fino suelto.

3.4.2 Dosis

Las dosis fueron calculadas con base a la dosis que actualmente utiliza PROAGROIN en su recomendación para los productores del programa de piña.

Esta consta de tres aplicaciones de Harina de Sangre a 900 kg/ha cada una, lo que suma un total de 2 700kg/ha, durante todo el ciclo. Se calculó que la dosis de nitrógeno elemental aplicada con la Harina de Sangre, asumiendo un 8% de nitrógeno y un 30% de humedad, fue 150kg de nitrógeno/ha.

Según Molina (2002) la piña absorbe alrededor de 266kg de nitrógeno/ha, de modo que se consideró que se estaba subdosificando el nitrógeno, por consiguiente se dispuso probar dos dosis más con niveles más altos de nitrógeno: 200kg/ha y 250kg/ha de nitrógeno elemental.

Para la estimación de cada una de las dosis de producto comercial aplicado se realizaron análisis químicos para determinar la concentración de nutrimentos, puesto que los rangos de concentración de nitrógeno de estas fuentes son muy amplios. La humedad también fue corroborada ya que ésta influye directamente en la dosis de producto comercial a aplicar. En cada una de las tres aplicaciones se usó producto fresco de modo que el análisis químico y determinación humedad se hizo para cada aplicación y con el resultado de estos se calculó la dosis de producto comercial aplicado.

Los tratamientos se aplicaron en forma sólida a las axilas de las hojas intermedias de la planta.

Para hacer la aplicación homogénea a cada una de las plantas, se utilizó un envase que estuviera calibrado a la cantidad de producto que se tendría que aplicar en cada planta, además, para cada unidad experimental se pesó la cantidad de producto correspondiente a aplicar y así evitar arrastras algún error de aplicación de una repetición a otra.



Figura 1. Representación de la medida utilizada (envase) para la medición de la cantidad de producto a aplicar por planta y la respectiva cantidad de producto a aplicar en cada una de las unidades experimentales (bolsa), para la aplicación de los tratamientos en esta investigación. Guatuso. 2008.

3.5 Unidad experimental y parcela útil

En el cultivo de piña, bajo esta forma de producción, los bloques comerciales de producción tienen un ancho de catorce camas, por la facilidad para hacer las aplicaciones foliares con el *Spray Boom* ya que este abarca siete camas con cada aguilón.

Partiendo del hecho anterior, se dejó una cama a ambos bordes del bloque cultivado para eliminar efecto de borde, quedando así doce camas de área experimental.

Cada unidad experimental comprendió tres camas con siete plantas consecutivas en cada hilera de la cama que aproximadamente abarcan 2m a lo largo de la misma (Figuras 2 y 3), las camas están a una distancia de 1,2m de centro a centro. De esta forma se colocaron cuatro unidades experimentales a lo ancho del bloque y nueve unidades experimentales a lo largo (Figura 2), formando así un total de 36 unidades experimentales (nueve tratamientos con cuatro repeticiones).

De este modo el bloque experimental resultó de doce camas de ancho de 13,2m por 18m de largo (9 parcelas de 2m), como se aprecia en la Figura 1.

Las unidades experimentales se ubicaron con un mínimo de 2,5m del borde perpendicular a las camas para eliminar el efecto del borde (Figura 2).

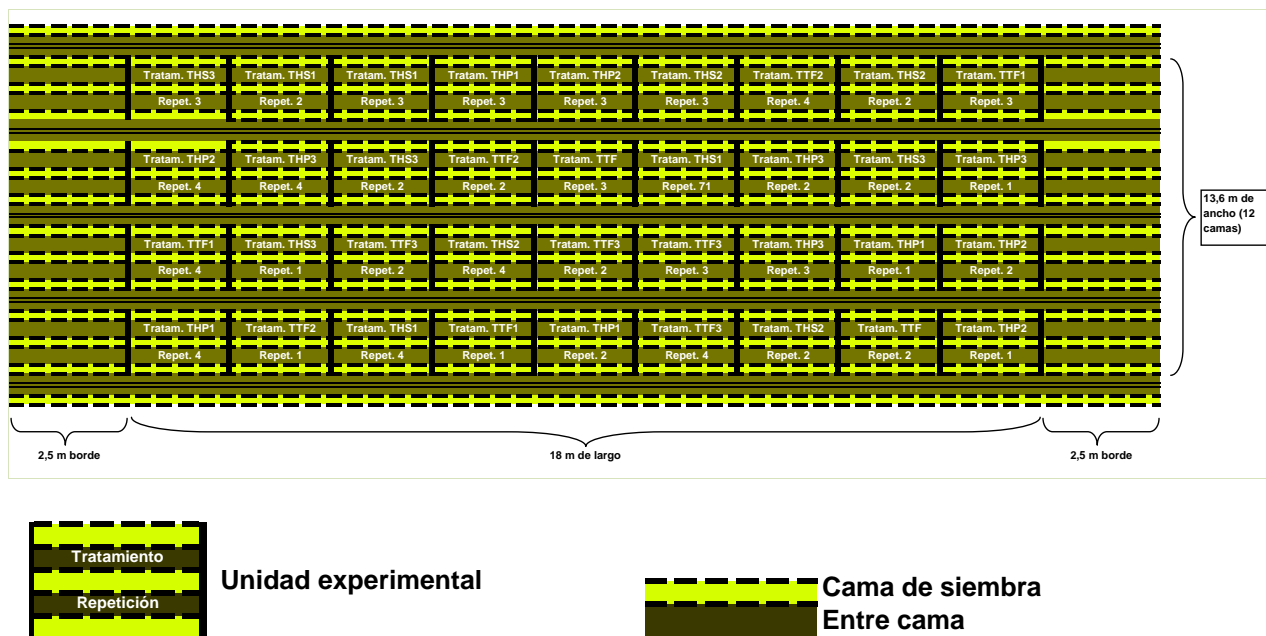


Figura 2. Representación esquemática del bloque experimental con su respectiva distribución de tratamientos en cada una de las unidades experimentales de esta investigación. Guatuso. 2009.



Figura 3. Segmento del bloque experimental representando la distribución de la unidades experimentales a lo ancho del bloque en la investigación realizada, Guatuso. 2008.

La parcela útil fue comprendida por una de las seis plantas centrales de cada unidad experimental, como se muestra en la Figura 4. La elección de la planta a muestrear se determinó que sería la planta número tres de la hilera de la izquierda, y se tomó la misma planta en todas unidades experimentales. Esta decisión se tomó para evitar los sesgos de muestreo.

Cabe resaltar que por decisiones internas de PROAGROIN, la investigación fue planeada para realizar otras mediciones, de forma tal que fue necesario designar una parcela útil mayor (6 plantas) a la que se tomaría como muestra para esta investigación (1 planta).

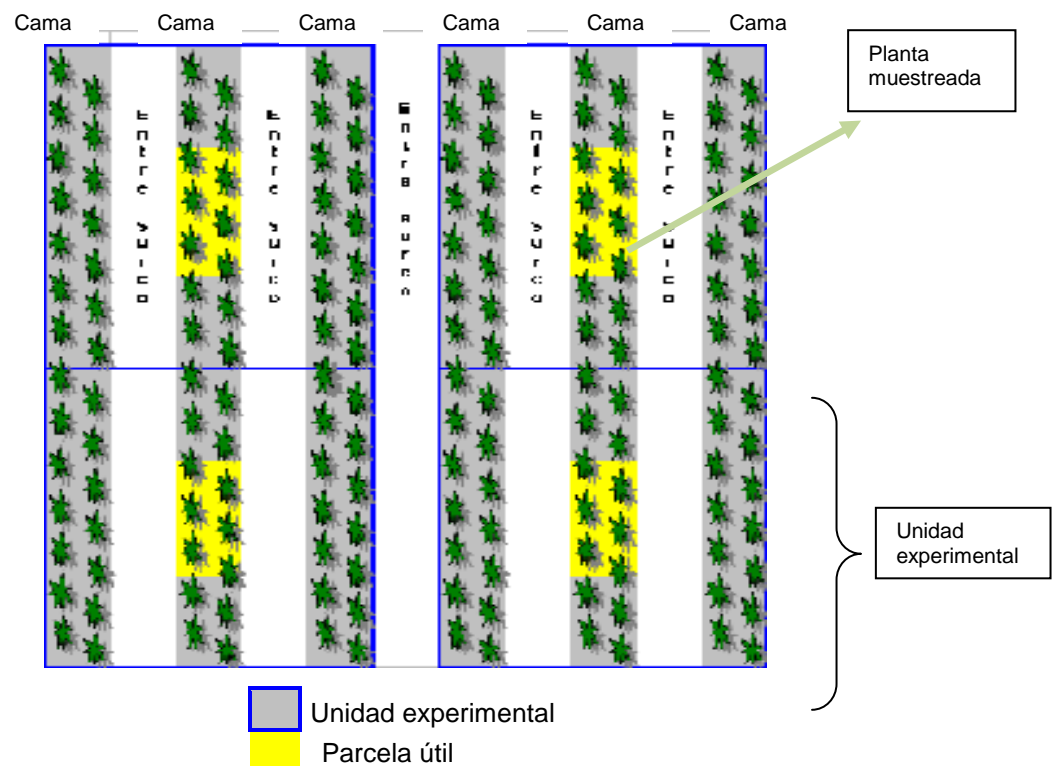


Figura 4. Representación de cuatro unidades experimentales, la respectiva parcela útil y la planta tomada como muestra en esta investigación. Guatuso. 2008.

3.6 Variables evaluadas

Todas las variables se evaluaron solo en el momento de la inducción floral a los siete meses y medio de edad de la plantación. Esto es porque este momento fenológico es clave y representativo del estado de desarrollo, nutrición de la planta

y del fruto, el cual está directamente relacionado con el estado nutricional y desarrollo de la planta en este momento fenológico.

3.6.1 Biomasa de la planta

3.6.1.1 Peso fresco

En campo se extrajo la parte aérea de la planta la cual fue debidamente pesada mediante la utilización de una balanza digital, luego se extrajo la raíz de cada planta. Esta se lavó y se secó al aire por dos horas antes de ser pesadas.

Para la estimación de la biomasa radical se extrajo la raíz contenida en 0,027m³ de volumen de suelo, mediante la utilización de un cubo con dimensiones de 0,27m de ancho, 0,40m de largo y 0,25m de profundidad, el cual se colocó de forma tal que el tallo de la planta quedara en medio del mismo, asumiendo que ese sería el volumen de exploración por parte de las raíces de cada una de las plantas y que las raíces de esa planta que no se encontraban en ese volumen serían compensadas por raíces de otras plantas que se encontraran dentro de ese suelo extraído.

3.6.1.2 Peso seco

Las plantas se sometieron a secado hasta peso constante, mediante la utilización de una estufa a 65°C durante ocho días y luego se pesaron en una balanza digital.

3.6.2 Absorción de nutrimentos

Se calculó la cantidad de nitrógeno absorbido por una hectárea de piña bajo las condiciones de esta investigación. Para esto fue necesario separar la planta por unidades morfológicas (tallo y hojas). A cada estructura se le midió el contenido de nutrimentos y se determinó el peso seco de cada una de las partes. Con estos dos datos se procedió a estimar la cantidad de nitrógeno que contenido en cada planta.

La raíz no fue incluida en la estimación debido a que acumula una cantidad baja de nitrógeno (Molina 2002). Por lo que se estaría invirtiendo una cantidad considerable de recursos económicos para obtener un dato poco representativo.

Considerando que el procedimiento para analizar la absorción de nitrógeno es el mismo que el usado para la estimación de la absorción de otros nutrimentos, se hizo medición de la absorción de otros nutrimentos, ya que las fuentes de nitrógeno utilizadas contenían cantidades considerables de otros nutrimentos que podrían influir en la nutrición de la planta.

También se realizó un análisis nutricional a los hijos que fueron sembrados y de esta forma determinar la cantidad de nutrimentos contenido en los mismos al momento de la siembra. Para esto se separó el tallo y hojas de cada hijo para realizar un análisis químico a cada una de las unidades morfológicas y se tomó como muestra seis hijos para ser analizados.

3.6.3 Biomasa, longitud y ancho de la hoja “D”

De la planta que se utilizó como muestra, se extrajo la hoja “D” desde la base y se le midió el ancho a la mitad de la misma. Se determinó su longitud midiendo la hoja desde la base hasta su extremo terminal y luego fue pesada utilizando una balanza digital para la determinación de su biomasa.

Para la extracción de la hoja “D” se agruparon todas las hojas de la planta hacia el centro de la misma lo que permite elegir la hoja de mayor tamaño.

3.6.4 Color de la hoja “D”

Se elaboró una tabla con imágenes que se utilizó como guía para la evaluación del color. Estas imágenes fueron de hojas “D” y de igual forma se utilizaron estas hojas para evaluarlas como parámetros en el momento de la comparación. Se definieron cinco categorías: amarillo (color 5), verde-amarillo (color 4), verde leve (color 3), verde (color 2), verde oscuro (color 1), como se aprecia en la siguiente imagen.



Figura 5. Escala de colores elaborada y utilizada para comparar el color de las hojas “D” de las plantas evaluadas en la investigación.

3.6.5 Cantidad de hojas de la planta

Se cuantificó las hojas que tenía la planta comenzando con las hojas más viejas y terminando en la hoja más joven. Se consideró que las hojas viejas comprenden todas las hojas que aún estuvieran verdes, y para la hoja más joven se tomó como referencia todas las hojas mayores a cinco centímetros de longitud.

3.6.6 Análisis económico

Según los resultados obtenidos, se realizó una estimación de costos para determinar la conveniencia o no de usar los diferentes abonos como suministro de nutrimentos.

3.7 Definición del diseño experimental

Se usó un diseño Irrestricto al Azar, con un arreglo factorial 3*3 con cuatro repeticiones, siendo el modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + F_i + D_j + (FD)_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Representa el efecto de los factores en las variables a medir.

μ = Representa una media general.

F_i = El efecto que produce el i-ésimo nivel del factor fuente.

D_j = El efecto que produce el j-ésimo nivel del factor dosis.

$(FD)_{ij}$ = Representa el efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor fuente y del j-ésimo nivel del factor dosis.

e_{ij} = Es el error aleatorio asociado a la observación ij-ésima que usualmente se supone normal e independiente con esperanza cero y varianza común.

En el siguiente cuadro se resumen las fuentes de variación y los grados de libertad del diseño estadístico usado.

Cuadro 8. Fuentes de variación y grados de libertad utilizados para el ANDEVA realizado a las variables medidas en esta investigación.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	35
Fuente	2
Dosis	2
Fuente*Dosis	4
Error Experimental	27

A los datos de las variables que mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$), se les realizó la prueba de comparación de medias de Tukey.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Biomasa de la planta

En las Figuras 5 y 6 se observan las medias de peso fresco y peso seco de las plantas de piña tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert®, cada una a dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha, a los siete meses y medio de edad del cultivo.

4.1.1 Peso fresco de la planta

En la Figura 6 se observa que los valores de peso fresco de las plantas de piña no presentan diferencia clara en cuanto al tipo de abono usado y las dosis. En general, los valores de las medias son muy variables, siendo las de las plantas de piña tratadas con Harina de Pescado en la dosis de 150kg/ha la de mayor peso fresco de planta (3,155g/pl). En tanto, las plantas tratadas con Harina de Sangre en la dosis de 200kg/ha, presentaron el menor peso fresco de planta (2,319g).

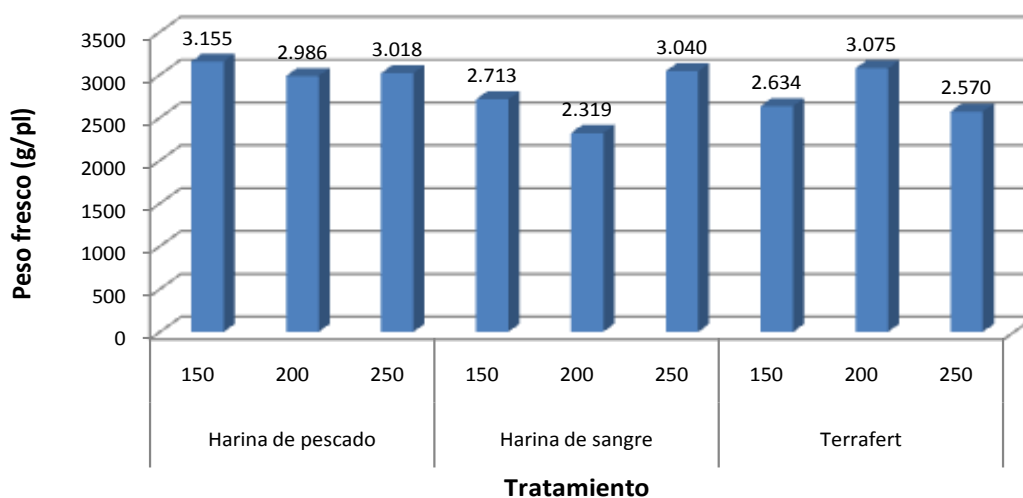


Figura 6. Comparación de las medias del peso fresco de la planta en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Cabe resaltar que aunque no se observan diferencias muy claras, las plantas de piña tratadas con Harina de Pescado presentaron valores más uniformes de absorción de N en las tres dosis aplicadas, que las que fueron tratadas con Harina de Sangre y Terrafert®, obteniendo los valores de absorción más altos de todos los tratamientos.

En cuanto a las dosis usadas en cada una de las fuentes de abono, no parece haber tendencia con respecto al aumento en la dosis de los abonos aplicados.

Aunque existen diferencias entre cada tratamiento, éstas no se muestran de manera significativa al utilizar Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® a las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha, y no hubo ninguna interacción entre las fuentes y la dosis utilizadas (Anexo 1).

Es importante resaltar que esta evaluación se realizó a los siete meses y medio de sembrado el cultivo, la cual es una edad en la que se espera que la planta tenga el peso suficiente para ser inducida a floración y pueda desarrollar una fruta del tamaño y calidad requerido por el productor, para que pueda ser empacada y exportada.

Según Piedra (2009), las plantas de piña cultivadas orgánicamente, deben de tener un peso de 2,500g para que produzcan una fruta que cumpla con el peso requerido para la exportación, el cual corresponde, incluyendo la corona a alrededor de 1,7kg.

Castro (1998) menciona que la inducción floral se realiza entre los ocho y diez meses después de la siembra o cuando la planta alcance un peso promedio de 2kg a 2,5kg. A diferencia de esta autora, VIFINEX (1999) indica que la planta debe tener un peso de 3kg a 3,2kg a los siete u ocho meses de sembrado.

Gamboa (2006) determinó que en piña sembrada convencionalmente, se obtenía un mayor porcentaje de frutas con peso alrededor de 1,7kg, cuando el peso de la planta al momento del forzamiento es de 2,23kg.

Según lo mencionado por estos autores, el peso de la planta para la inducción, oscila entre 2kg y 3,2kg. Siendo esto así, los pesos obtenidos al

momento del forzamiento (7,5 meses) están conforme con lo que reportan los autores anteriores.

La edad al momento del forzamiento es otro de los factores a considerar, pues de esta dependerá la duración del ciclo de producción. Según lo mencionado, se reporta que la edad en la que se tiene el peso adecuado para la inducción floral, oscila entre los 6,8 meses y los diez meses.

Como se ha expuesto anteriormente, el peso de la planta y la edad de la misma, son parámetros que se utilizan para determinar el momento de inducir a floración el cultivo de piña, los cuales están muy relacionados entre sí. Los valores de peso y edad obtenidos al momento del forzamiento concuerdan con lo que reportan Castro (1998), Piedra (2009), VIFINEX (1999) y Gamboa (1998). En general, los pesos obtenidos fueron similares a los valores más altos reportados y con edades similares a las mencionadas, lo que indica que el desarrollo de esta plantación fue adecuado de acuerdo con los parámetros de peso y edad al forzamiento, sin que existan diferencias entre los tratamientos.

Considerando lo anterior, se debe tener en cuenta que los datos reportados fueron establecidos en plantaciones sembradas convencionalmente, y por tanto, las condiciones de producción son diferentes a la orgánica, por lo que solo nos dan un parámetro de referencia para la comparación.

4.1.2 Peso seco de la planta

En la Figura 7 se observan los valores de peso seco correspondientes a las plantas de piña tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert® en las tres dosis correspondientes, a los siete meses y medio de edad del cultivo. Estos presentan la misma tendencia que los datos de peso fresco de la planta (Figura 6), pero con valores que representan alrededor de un 10% del peso fresco de la planta, debido al agua que acumulan en sus tejidos.

Al igual que en la representación del peso fresco de la planta de piña (Figura 6), las medias de los valores de peso seco son muy variables, siendo las plantas tratadas con Harina de Pescado, en la dosis de 150kg/ha, las que presentaron el

mayor peso seco (357g/pl), y las tratadas con Harina de Sangre, en la dosis de 200kg/ha, presentaron el peso seco menor (264g/pl).

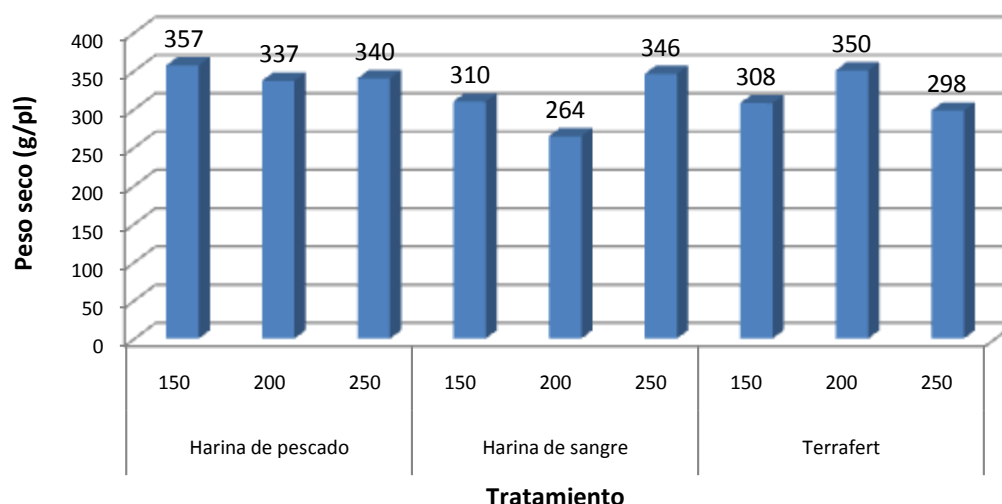


Figura 7. Comparación de las medias del peso seco de la planta en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Según el análisis estadístico realizado a los datos de peso seco de la planta (Anexo 1), no hubo diferencias significativas al utilizar Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® en las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha, y no se presentó interacción entre la fuente de abono y las dosis.

4.1.3 Peso seco de la raíz

En la Figura 8 se presentan las medias del peso seco de las raíces de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, correspondientes a las plantas tratadas con Harina de Sangre, Harina de Pescado y Terrafert® en las dosis de 150kg, 200kg y 250kg.

Se observa que los valores de peso seco de las raíces son muy variables, siendo el valor mayor para las raíces de las plantas tratada con Terrafert® en su

dosis de 150kg, con un peso de 38g. El valor menor corresponde al tratamiento de Harina de Pescado en su dosis media con un valor de 20g. La diferencia entre el valor menor de peso seco de la raíz, con respecto al valor mayor, es cercana al doble (Figura 8).

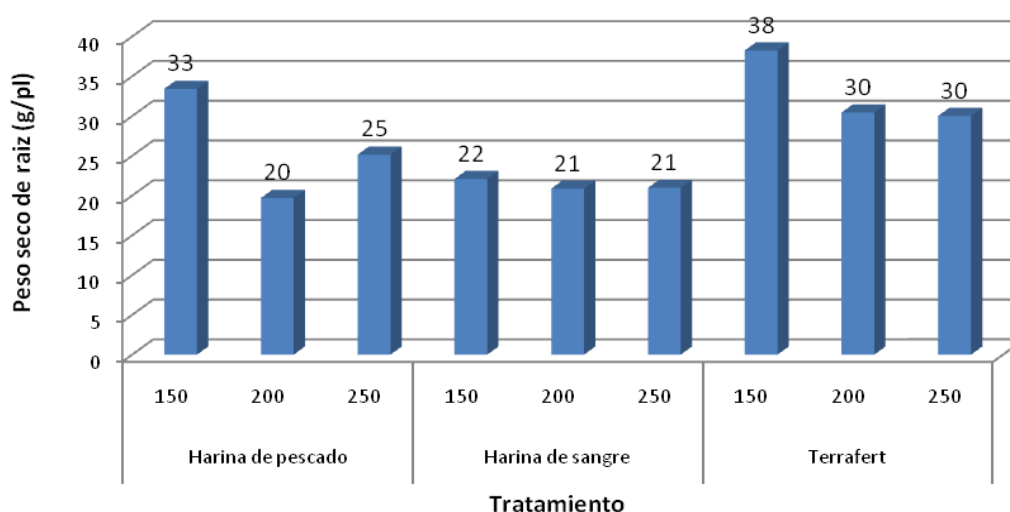


Figura 8. Comparación de las medias del peso seco de la raíz en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

En general, el Terrafert® es la fuente que promovió el mayor desarrollo de raíces, seguido por la Harina de Pescado y por último la Harina de Sangre. No se presenta una tendencia creciente con respecto a las dosis.

Cabe resaltar que a esta variable no se le realizó análisis estadístico, ya que los datos no cumplían con el supuesto de normalidad, el cual es indispensable para poder realizarlo.

4.2 Absorción de nutrimentos

Al realizar el análisis nutricional de los abonos orgánicos utilizados, se determinó que contenían cantidades importantes de otros nutrimentos, por lo que se consideró relevante realizar una evaluación detallada a cada uno de ellos.

Para esto se determinó la cantidad total de cada uno de los elementos que absorbió el cultivo en los distintos tratamientos utilizados. Estos resultados se muestran divididos por nutrimento y se representa en las figuras, la cantidad aportada por cada abono en sus tres respectivas dosis.

A diferencia del nitrógeno, las dosis de los demás nutrimentos no son iguales para cada uno de los abonos, ya que el cálculo de las dosis utilizadas fue en base al nitrógeno elemental que aportó cada abono y la cantidad de nutrimentos varía con respecto a la fuente de abono.

4.2.1 Absorción de nitrógeno (N)

En la Figura 9 se presentan las medias de la absorción de N a los siete meses y medio de edad, de las plantas de piña tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert®, a las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha.

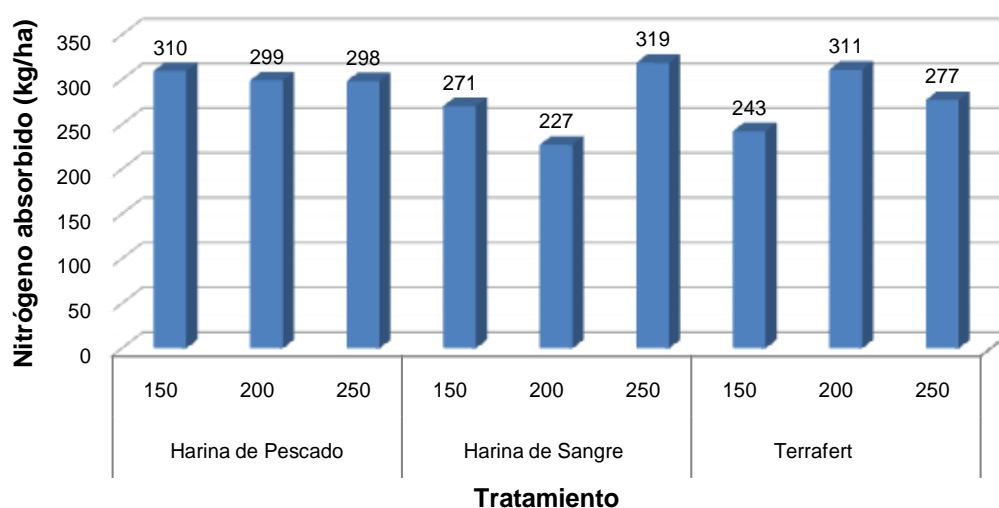


Figura 9. Comparación de las medias en la absorción de nitrógeno del cultivo de piña (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada con técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

En la Figura 9, se observa que la absorción de N estuvo entre el rango de 227kg para el valor menor, correspondiente a las plantas tratadas con Harina de

Sangre en la dosis de 200kg, y 319kg para el valor mayor, obtenido en las plantas tratadas con la Harina de Sangre en la dosis de 250kg, siendo este rango de 91kg. Todos los demás valores se encuentran entre estos dos rangos de absorción.

Las diferencias que se notan entre los tratamientos (Figura 9), no muestran tendencia clara con respecto al tipo de abono. No obstante, las plantas tratadas con Harina de Pescado son las que presentan una tendencia levemente mayor y más estable en las tres dosis, al presentar los valores más altos de absorción de N, y solo siendo superados por la Harina de Sangre a la dosis de 250kg de N/ha y el Terrafert® a 200kg de N/ha.

Con respecto al incremento en las dosis utilizadas, la cantidad de N absorbido no siguió una tendencia creciente, contrario a lo que se esperaba: que al utilizar una dosis mayor la cantidad absorbida sería proporcional.

A pesar de las discrepancias que se notan entre los tratamientos (Figura 9), según el análisis estadístico realizado, no se presentaron diferencias significativas en la absorción N de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad al utilizar la Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert®, a las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha, y no hay interacciones entre estas fuentes y las dosis (Anexo 1).

Es importante considerar que estos datos corresponden a los siete meses y medio de edad, por lo que, es posible que luego de la inducción se presente alguna diferencia entre los tratamientos aplicados, debido a la liberación de nitrógeno que pueda darse en el tiempo de post inducción y su correspondiente absorción.

Jacob (1973) y Morales (1970) citados por Lara (2002) concuerdan en que gran parte del nitrógeno contenido en este tipo de abonos está presente de forma orgánica y es de lenta liberación. De igual manera Bertsch (1995), menciona que en general los abonos orgánicos, poseen una acción a mediano-largo plazo. De acuerdo con lo mencionado por estos autores, es probable que después de la inducción, se sigan liberando cierta cantidad de nutrimentos que afectarán el desarrollo del cultivo y por consiguiente el de la fruta.

Es necesario considerar la importancia del estado de desarrollo y nutrición que debe tener la planta antes de su inducción floral. En este sentido, Gamboa (2006) concluye que la tendencia de la fruta es ser más pequeña cuando las plantas; al momento de inducción floral, tienen menor peso y más grandes conforme aumenta el peso de la planta.

En cuanto a la nutrición, Py (1969) y Peña *et al.* (1996) concuerdan en que si las aportaciones de nitrógeno son suficientes antes de la inducción floral, las aportadas después, raramente tienden a aumentar el rendimiento de la primera cosecha, pero sí aceleran el crecimiento de los retoños. Ambos autores mencionan que las aplicaciones de nitrógeno post inducción provocan, la baja en la calidad del fruto y crecimiento excesivo del pedúnculo y corona.

Estos autores confirman que el estado de desarrollo y nutrición al momento de la inducción floral, incide consecuentemente en el rendimiento del cultivo. De manera tal que es importante comparar los valores obtenidos en esta investigación con los que reportan otros autores.

Según los resultados de las curvas de absorción publicados por Molina (2002), las plantas de piña absorbieron alrededor de 155kg de N/ha a los siete meses y alcanzaron los 194kg a los ocho meses, por lo que se podría promediar que a los 7,5 meses de edad, la absorción de nitrógeno es alrededor de 174,5kg, en producción de piña convencional.

Las cantidades de nitrógeno absorbidas en este experimento fueron superiores a las reportadas por Molina (2002). Sin embargo, se debe tener presente que el estudio de Molina se hizo en piña convencional y el ciclo del cultivo fue mayor, por lo que es una referencia que indica a grandes rasgos la condición nutricional de la planta.

Cabe resaltar que en el ensayo de Molina (2002), el punto máximo de absorción se dio luego de la inducción floral (257kg de N/ha), a los once meses de edad del cultivo de piña. Esto indica que la absorción post inducción continúa, por lo que podrían presentarse diferencias luego de la inducción, en los tratamientos aplicados en este proyecto investigativo.

Los resultados mostraron que se puede utilizar Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® en las dosis de 150kg, 200kg o 250kg de N/ha, sin mostrar diferencias significativas en la absorción de nitrógeno a los siete meses y medio de edad de la planta de piña, de tal forma que la decisión de cuál fuente usar dependerá de otros factores como el precio, disponibilidad del producto y el comportamiento que tengan luego de la inducción.

Es importante resaltar que la cantidad de nitrógeno que absorbió el cultivo fue mayor al suministrado por el abono orgánico, como se aprecia en la Figura 10, donde se compara el N absorbido con respecto al N aportado en cada uno de los tratamientos y se muestra la diferencia correspondiente entre lo absorbido menos el N aportado.

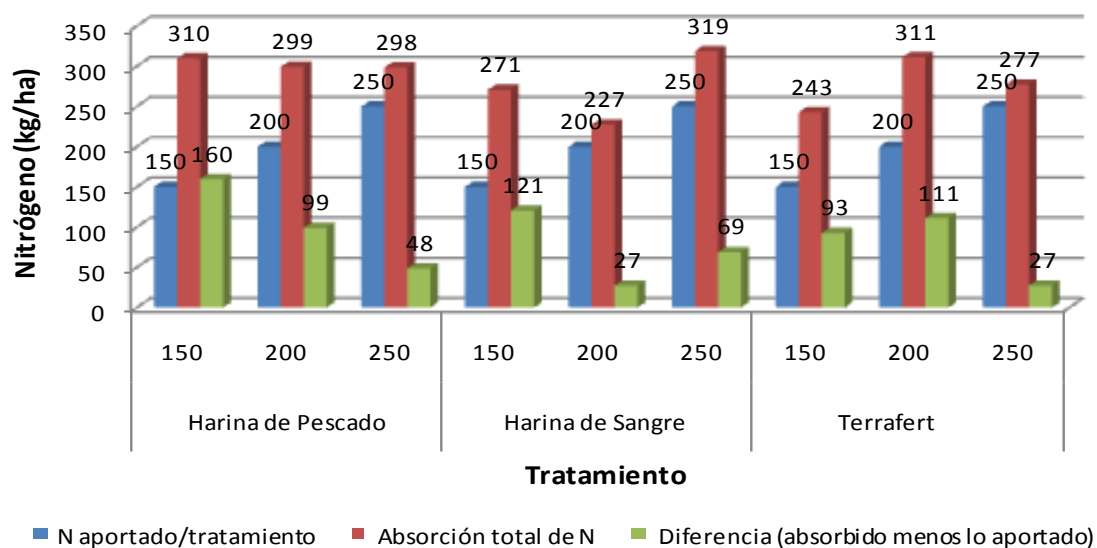


Figura 10. Comparación de las medias en la absorción de nitrógeno con respecto a lo que le fue aportado por cada una de las dosis de las diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico y su respectiva diferencia entre lo aportado y lo absorbido, en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Tres factores que pudieron incidir en esta diferencia fueron: la materia orgánica contenida en el suelo, la cantidad de nutrimentos que contiene el hijo en

el momento de la siembra y la cantidad de nutrimentos que se le aportó al cultivo vía foliar.

Según el análisis de suelo (Cuadro 7), éste presentó 4,8% de materia orgánica, los hijos sembrados contenían en promedio 35,5kg de nitrógeno por hectárea y la cantidad total de nitrógeno aportado vía foliar fue de 28kg/ha.

En la Figura 11 se presenta la comparación entre la cantidad total de N absorbido en las plantas tratadas con cada abono en las tres dosis correspondientes y la suma del N que se aportó vía foliar, más el que ya contenía cada hijo, y la respectiva diferencia entre la absorción y el aporte total de N.

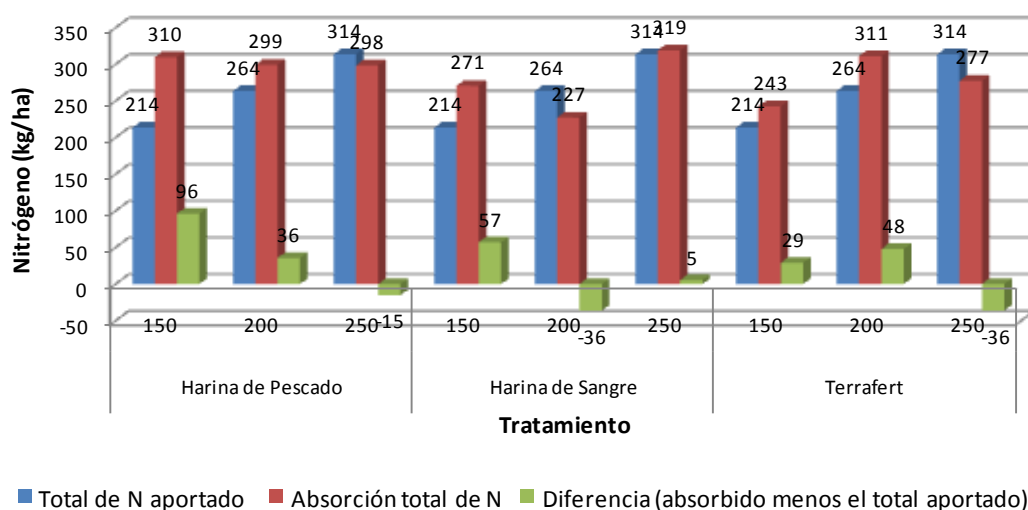


Figura 11. Comparación de la cantidad total de nitrógeno aportado (abono, hijo y vía foliar) con respecto a lo que absorbió en total y su respectiva diferencia entre lo aportado y lo absorbido, en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada con técnicas orgánicas y bajo efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en letras de Guatuso. 2009.

Es importante resaltar, que aún sumando los nutrimentos contenidos en el hijo más lo aportado vía foliar, las plantas en general absorbieron una cantidad mayor o muy similar al total de nitrógeno aportado, como se aprecia en la Figura 11, donde la mayor diferencia entre el nitrógeno absorbido y el aportado se da en

el tratamiento de Harina de Pescado en su menor dosis. En éste la cantidad de nitrógeno que absorbió fue alrededor de 96kg mayor a la que le fue suministrado al cultivo. Los demás tratamientos tuvieron un comportamiento similar pero en menor grado, con excepción de los tratamientos de Harina de Sangre en su dosis media, el Terrafert® en su mayor dosis y la Harina de Pescado en su dosis más alta, los cuales presentaron valores de absorción menores a los que se le suministró.

El suministro de los nutrimentos depende, entre otras cosas, de la eficiencia de su aprovechamiento por las plantas, la cual está ligada a varios factores, más aún tratándose de un abono orgánico. Bertsch (1995), menciona algunos de estos factores que determinan la ocurrencia y velocidad de mineralización y descomposición, como son: el tipo de abono, su composición, balance nutricional, grado de segmentación, succulencia y las condiciones ambientales en la que intervienen la humedad, la temperatura, la aireación y los microorganismos.

Asumiendo que todas estas condiciones fueron favorables para la mineralización del abono y que fue aprovechado por la planta en un 100%, siempre resultó más alta, la cantidad de nitrógeno que absorbió el cultivo, a lo que se le aportó mediante el abono, vía foliar y el que contenía ya en el hijo.

El otro factor que contribuyó en el contenido de nitrógeno de las plantas fue la materia orgánica del suelo. Según Núñez (1985), las plantas pueden aprovechar el N de la materia orgánica por medio de la nitrificación que se da luego de la degradación de la materia orgánica.

García (sf) menciona que la materia orgánica es reserva de numerosos nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Esta contiene aproximadamente un 58% de carbono (C) y presenta una relación C/N/P/S estimada en 140:10:1.3:1.3. A partir de esta información, se estima que cada 1% de materia orgánica en 20cm de suelo con densidad de 1,1ton/m³, contiene 22.000kg/ha de materia orgánica, 12.000 a 13.000kg/ha de C, 1.000 a 1.200kg/ha de N, 90 a 120kg/ha de P, y 90 a 120kg/ha de S. Dados los contenidos de nutrientes en la materia orgánica, la misma actúa como fuente y destino de los nutrientes en el sistema.

Teniendo en cuenta que el suelo en donde se llevó a cabo esta investigación contiene un 4,8% de materia orgánica (Cuadro 7), es de considerar que el contenido de N total en esta podría ser alrededor de 5.000kg/ha según lo que menciona García (sf). No obstante; se debe tener en cuenta que mucho de este N no está disponible para las plantas y que este contenido es estimado en la superficie de los primeros 20cm de suelo, y no toda esta superficie es abarcada por la exploración de las raíces de las plantas de piña.

Silva (sf) indica que el horizonte superficial de la mayoría de los suelos cultivados contienen entre 0.06 y 0.3 % de N. Y que el 90% del nitrógeno de este horizonte aparece en formas orgánicas y la mayoría del restante como NH_4^+ .

Stevenson (1982) citado por Silva (sf) menciona que el N está en diferentes formas y proporciones, las cuales retienen el N en menor o mayor grado. Según una extracción en hidrólisis ácida, las composiciones de nitrógeno en el suelo son las siguientes: N-ácidos insolubles de un 30 a 35%, N-NH_3 de un 20 a 35%, N-aminoácidos de un 30 a 45%, N-aminoazúcares de un 5 a 10% y en otras formas un 20%.

Según Silva (sf), cultivar el suelo tiene poco efecto sobre la composición del N por lo que enfatiza que todas las formas del N son biodegradables.

Según lo citado por García (sf) y Silva (sf), el suelo contiene gran cantidad de N reservado, el cual podría estar disponible para la planta. Si se compara las cantidades de N que contiene la materia orgánica, según estos autores, con las que absorbió el cultivo de más con respecto a lo aportado, se explica de donde el cultivo pudo haber extraído el N.

La materia orgánica aporta cantidades muy superiores a las que el cultivo absorbió de más, no obstante, no todo el N contenido en la materia orgánica está disponible en su totalidad para las plantas, pero sí cierta parte de este.

En síntesis, el aprovechamiento en la absorción de nitrógeno por parte de las plantas de piña fue muy eficiente, tanto así que posiblemente la planta absorbió la mayoría del que se le suministró y una porción del contenido en la materia orgánica del suelo.

4.2.2 Absorción de fósforo (P)

En la Figura 12 se aprecian las medias de la cantidad de fósforo absorbido por las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, en cada uno de los tratamientos aplicados, y la respectiva cantidad de P aportado en las tres dosis utilizadas de cada abono.

Se observa que los valores son muy diversos, siendo los de las plantas tratadas con Harina de Pescado a dosis de 99kg de P/ha la que tuvo la mayor absorción (25kg) y las plantas tratadas con Harina de Sangre a dosis de 5,6kg la que tuvo la menor absorción (13kg), presentándose así una diferencia entre la absorción mayor con respecto a menor del doble (Figura 12).

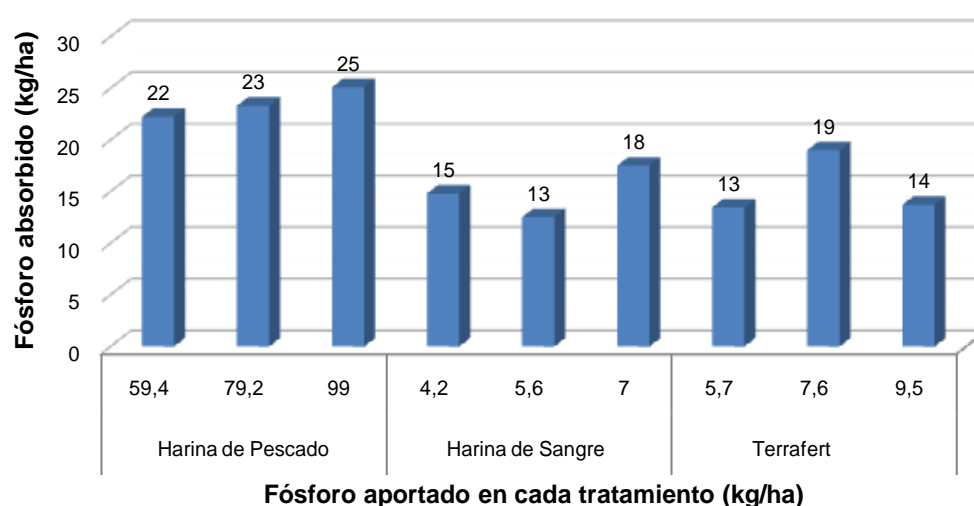


Figura 12. Comparación de las medias en la absorción de fósforo (P) que tuvo el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

En este caso, se aprecia una diferencia notable en las plantas tratadas con Harina de Pescado. Estas presentan los valores de absorción de P más altos de todos los tratamientos y tiene una tendencia creciente de acuerdo con el aumento de las dosis de P suministrado.

Las plantas tratadas con Harina de Sangre y Terrafert® presentan valores similares de absorción de P y no parece haber tendencia a incrementar la absorción con respecto al aumento de las dosis.

Según el análisis estadístico realizado a los datos de absorción de P de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, las diferencias que se notan son significativas (Anexo 1). Las plantas tratadas con Harina de Pescado presentan los valores de mayor absorción. En cuanto a las dosis, no se presentan diferencias significativas y no hay interacción entre la fuente de abono y las dosis.

Es importante considerar que aunque no se presentaron diferencias significativas en la absorción de P debido al aumento en la dosis de abono, sí se observa una tendencia creciente en la absorción de P al aumentar la dosis de Harina de Pescado (Figura 12), este hecho podría significar que el P pudo haber sido uno de los elementos más limitantes para el cultivo, probablemente teniendo efectos en la respuesta no significativa al N.

En la Figura 13 se aprecian las medias de absorción de P de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert®.

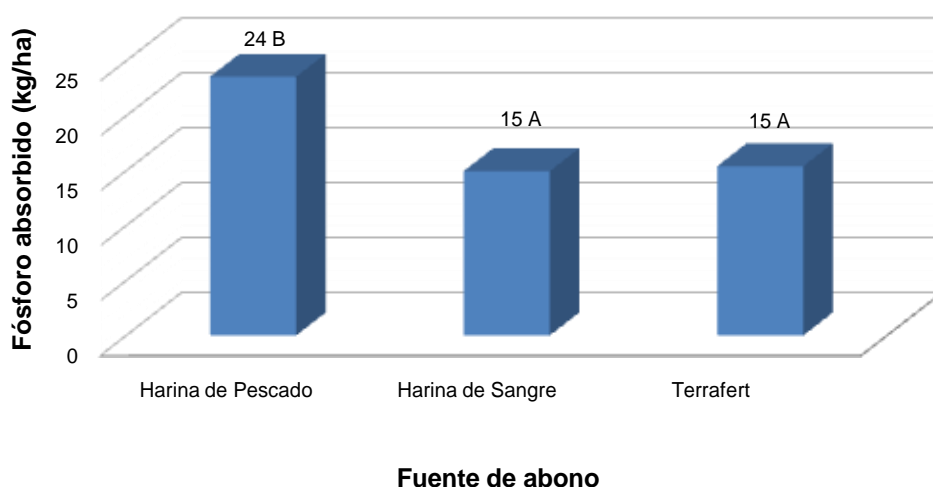


Figura 13. Comparación entre las medias de las fuentes de abonos utilizados en cuanto a la cantidad de fósforo absorbido por el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2, cultivado bajo técnicas de producción orgánica, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Las plantas tratadas con Harina de Pescado presentaron los valores de mayor absorción de P, diferenciándose significativamente de la Harina de Sangre y el Terrafert®, los cuales no tiene diferencias significativas entre ellos (Harina de Sangre y Terrafert®), como se aprecia en la Figura 13. Este resultado coincide con la concentración de nutrimentos que posee cada uno de estos abonos.

Según los análisis realizados a estos abonos (Anexo 2), se puede notar que la cantidad de P que aportó la Harina de Pescado es alrededor de diez veces mayor que la encontrada en los otros dos abonos, la gran diferencia se refleja en la mayor cantidad de fósforo absorbido por las plantas que se trataron con la fuente de Harina de Pescado (Figura 12 y 13).

Este resultado es de gran importancia para la agricultura orgánica de piña, ya que el fósforo, al igual que el nitrógeno, es uno de los elementos con más limitaciones en su suministro y de mayor costo en este cultivo.

La cantidad de fósforo absorbida por las plantas tratadas con Harina de Pescado fue muy similar a la reportada por Molina (2002), la cual es de 22kg de P/ha a los 7,5 meses de edad del cultivo, y las obtenidas en este trabajo con la Harina de Pescado es de 24kg de P/ha a la misma edad. Teniendo como referencia estos datos se puede considerar que estas cantidades oscilan en valores promedio, mientras que las cantidades correspondientes a las obtenidas con los abonos de Harina de Sangre y el Terrafert® están relativamente bajos.

Cabe resaltar que en esta plantación no se utilizó ninguna fuente de abono fosfórico, la única fuente de fósforo suministrado al cultivo fue por medio de los tratamientos aplicados. Además, según el análisis de suelo (Cuadro 7), no se detectó fósforo disponible en el mismo, lo que permite inferir que una gran porción del fósforo absorbido por la planta, se debió al aporte de cada tratamiento aplicado.

Del hecho de que las plantas tratadas con Terrafert® y Harina de Sangre absorbieran más P del que le fue suministrado, se deduce que aunque el análisis de suelo no detectara fósforo disponible para la planta, esta logró absorber una porción del fósforo que normalmente se encuentra fijado en las diferentes porciones de suelo. También se podría inferir que la correlación de la solución

extractora para hacer el análisis de suelo (Olsen modificado), con respecto al P disponible para la planta de piña, no es muy acertada.

4.2.3 Absorción de potasio (K)

En la Figura 14, se presenta los datos de la cantidad de potasio que fue absorbido por las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert®, y la respectiva cantidad de K aportado en las tres dosis aplicadas.

Molina (2002), indica que el potasio es el elemento que absorbe el cultivo de piña en mayor cantidad, esto se corrobora en la Figura 14, en donde la máxima absorción de potasio es de 547kg/ha correspondiente a las plantas tratadas con Harina de Pescado en su dosis menor (8,5kg), y la absorción menor corresponde a las plantas tratadas con Harina de Sangre con la dosis media (4kg), absorbió un total de 366kg/ha. Por tanto, este fue el nutrimento que mas absorbió el cultivo.

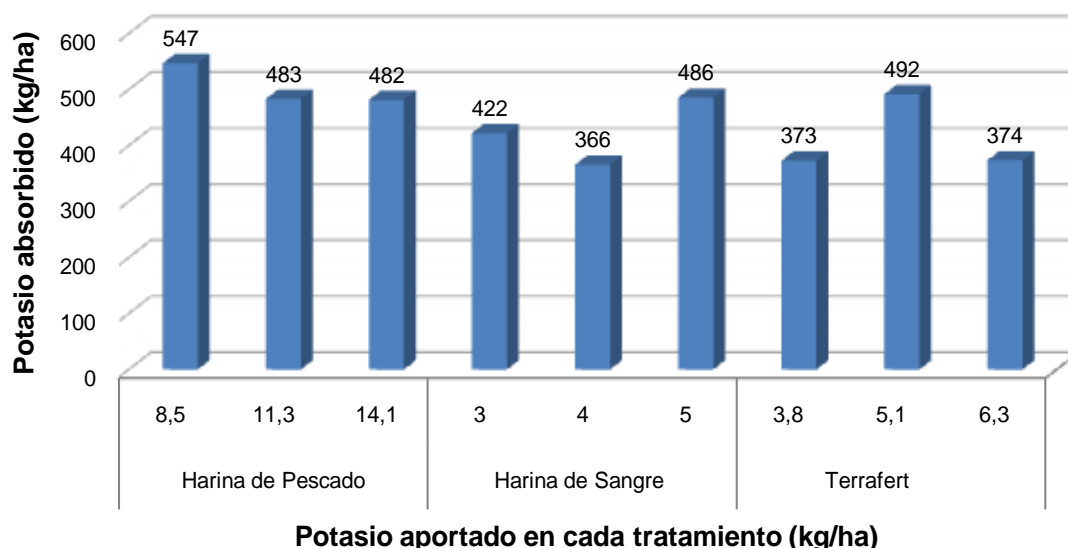


Figura 14. Comparación de las medias en la absorción de potasio que tuvo el cultivo de piña (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Al igual que los demás nutrimentos, el potasio presenta mucha variabilidad en cuanto a las cantidades absorbidas y no hay alguna tendencia creciente con respecto a la dosis utilizada. Además, no se presenta diferencia notable en cuanto a las fuentes utilizadas.

La cantidad de potasio aportado por cada una de las fuentes es muy baja y posiblemente poco influye en la absorción de potasio que se dio en el cultivo, ya que no representa ni el 2% de la cantidad del potasio absorbido.

Principalmente la absorción de potasio en cada tratamiento responde al sulfato de potasio que se aplica vía foliar y al potasio contenido en el suelo, el cual es de 0,36 cmol(+)/l (Cuadro 7). Según Molina (2002) este contenido está en un rango medio de cantidad de nutrimento en el suelo.

Posiblemente las diferencias entre los tratamientos, sean debido a algunos otros factores como sinergismos o antagonismos con otros nutrimentos y no a la cantidad de potasio que aportó cada abono

Según el análisis estadístico, no hay diferencias significativas en la absorción de potasio, por las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, al ser tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® en ninguna de las tres dosis utilizadas, tampoco se presenta interacción de las dosis con las fuentes de abono (Anexo 1).

4.2.4 Absorción de calcio (Ca)

En la Figura 15 se exponen las medias de la cantidad de calcio que absorbió el cultivo de piña a los siete meses y medio de edad, en cada uno de los tratamientos aplicados y las respectivas dosis de calcio que fueron aportadas por cada abono, en sus tres dosis.

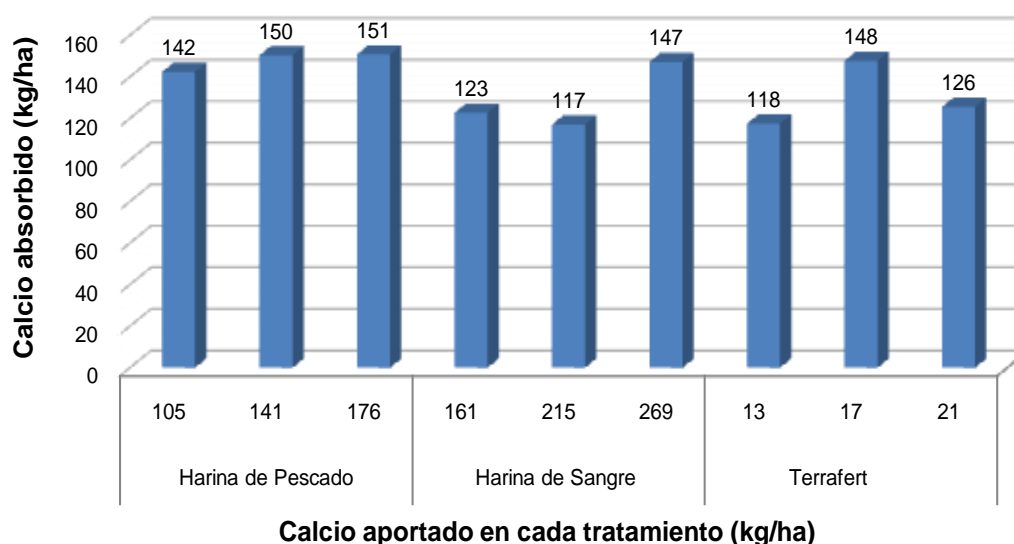


Figura 15. Comparación de las medias en la absorción de calcio que tuvo el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Al igual que en la mayoría de los nutrimentos, el calcio también presenta un comportamiento variable. Como se observa en la Figura 15, los valores oscilan de 151kg para el valor más alto de absorción en las plantas tratadas con Harina de Pescado con la dosis de 176kg de Ca/ha, hasta 117kg de Ca/ha absorbido en las plantas tratadas con Harina de Sangre en la dosis de 215kg de Ca/ha, siendo éste el valor de menor absorción.

Las cantidades de nutrimento aportadas por cada fuente varían, en especial en el caso de las plantas tratadas con Terrafert®, en donde las cantidades aportadas son alrededor de diez veces menor a las que aportan la Harina de Pescado y la Harina de Sangre. En estos dos últimos abonos las cantidades aportadas son altas y similares a lo que fue absorbido. No parece presentarse alguna diferencia entre las fuentes ya que todos los tratamientos presentan valores similares de absorción de calcio. No obstante, las plantas que fueron tratadas con Harina de Pescado, presentan una leve tendencia creciente según la dosis, los resultados fueron más homogéneos y en general más altos (Figura 15).

A pesar de las diferencias que se notan, el análisis estadístico realizado (Anexo 1), indica que no se presentan diferencias significativas, en cuanto a la absorción de calcio a los siete meses y medio de edad del cultivo de piña, al ser tratado con Harina de Sangre, Harina de Pescado o Terrafert® en ninguna de las tres dosis aplicadas, y no hay interacción entre ninguna fuente de abono con la dosis.

Posiblemente el factor que más influyó en la absorción de este elemento es el Ca contenido en el suelo. Según el resultado del análisis de suelo (Cuadro 7), este contiene 7,53 cmol(+)/l de Ca, la cual es una cantidad óptima según la tabla de interpretación de análisis de suelo reportada por Molina (2002).

Iglesias (2009) menciona que en el cultivo de piña el contenido de calcio en el suelo está directamente correlacionado con la concentración de Ca foliar de la planta de piña. Alrededor del 80% de Ca absorbido por las plantas proviene del contenido en el suelo y con niveles óptimos de contenido de este elemento en el suelo, la respuesta a la fertilización es muy poca o nula.

Según lo mencionado por Iglesias, posiblemente la mayoría del Ca absorbido provino del contenido en el suelo, lo que propicio a que no hubiera respuesta con respecto al calcio aportado por los abonos, ya que la planta tenía suficiente Ca a disposición en el suelo.

Es importante recalcar que debido al contenido de calcio y al porcentaje de saturación de acidez (7%), no se realizó ningún tipo de encalado, ya que no se consideró necesario.

Cabe mencionar que según las curvas que reporta Molina (2002), la absorción de Ca es de 20kg/ha a los siete meses de edad, teniendo su punto máximo de absorción a los 13 meses con 86kg/ha. Si se compara la absorción que reporta Molina, con la lograda en esta investigación, se evidencia que es muy superior la obtenida en este trabajo, pues los niveles de absorción fueron superiores a los 150kg/ha y no inferiores a 117kg/ha.

4.2.5 Absorción de magnesio (Mg)

En la Figura 16 se presentan las medias correspondientes a la absorción de Mg a los siete meses y medio de edad de las plantas de piña tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert® y la cantidad de Mg aportada por cada fuente en las tres dosis correspondientes.

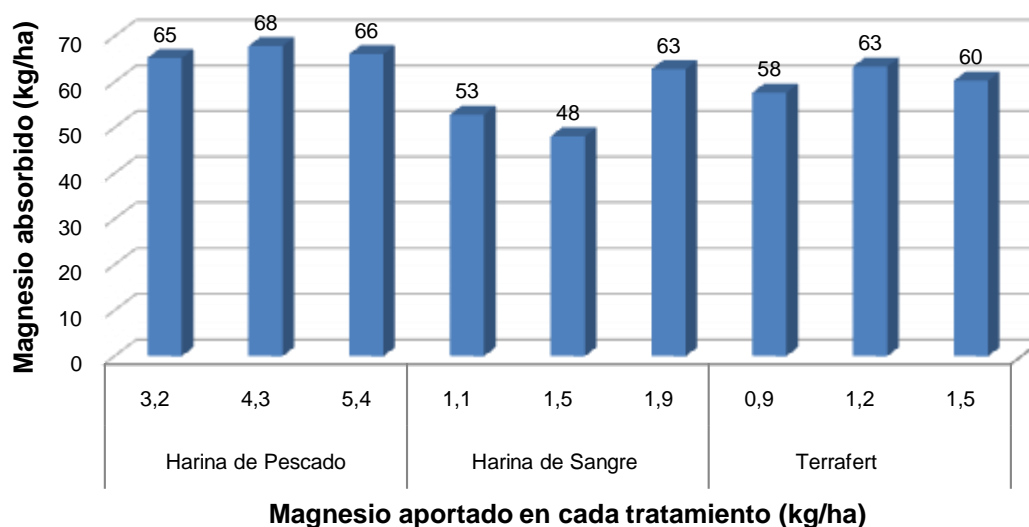


Figura 16. Comparación de las medias en la absorción de magnesio, que tuvo el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

En la figura anterior se observa que en general la variabilidad no fue tan marcada como en los demás nutrimentos, con valores de absorción que oscilan desde 68kg para el valor más alto correspondiente a las plantas tratadas con Harina de Pescado en la dosis de 4,3kg de Mg, a valores de absorción de 48kg para el valor menor en las plantas tratadas con Harina de Sangre a la dosis de 1,5kg de Mg.

En el análisis estadístico realizado a los datos de absorción de Mg de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, se refleja que no hay diferencias significativas al usar la Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® en ninguna de las dosis aplicadas, y no se presenta interacción entre las dosis y las fuentes de abono (Anexo1).

La cantidad de magnesio aportado por los abonos orgánicos, fue muy baja en comparación con lo que se absorbió, por lo que se puede inferir que el aporte de magnesio brindado por el abono orgánico utilizado, es muy baja y de poca relevancia con respecto a lo que se absorbe.

Posiblemente los factores que más intervinieron en la absorción de este elemento fueron el contenido de Mg en el suelo y el Mg aportado vía foliar.

Según el análisis químico de suelo realizado al área experimental (Cuadro 7), el contenido de Mg es de 2,08cmol(+)/l, cantidad que según Molina (2002), clasifica como media. Posiblemente mucha de la absorción de Mg que se obtuvo responde al Mg del suelo.

Por otra parte, se realizaron aplicaciones foliares de sulfato de magnesio durante el desarrollo del cultivo, las cuales fueron cantidades considerables y mucho mayores a las aportadas por los abonos orgánicos.

4.2.6 Absorción de azufre (S)

En la Figura 17 se presenta los valores de absorción de azufre correspondientes a las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert®, y la cantidad de S aportado por cada fuente en las tres dosis correspondientes.

Se nota que la absorción de azufre es más uniforme en comparación con la de los demás nutrimentos, siendo el valor mayor para las plantas tratadas con Harina de Pescado en la dosis de 10,4kg de S/ha, y el valor menor para las plantas tratadas con Harina de Sangre en la dosis media de 9,9kg de S/ha, los demás tratamientos están dentro de este rango, con variaciones pequeñas entre ellos (Figura 17).

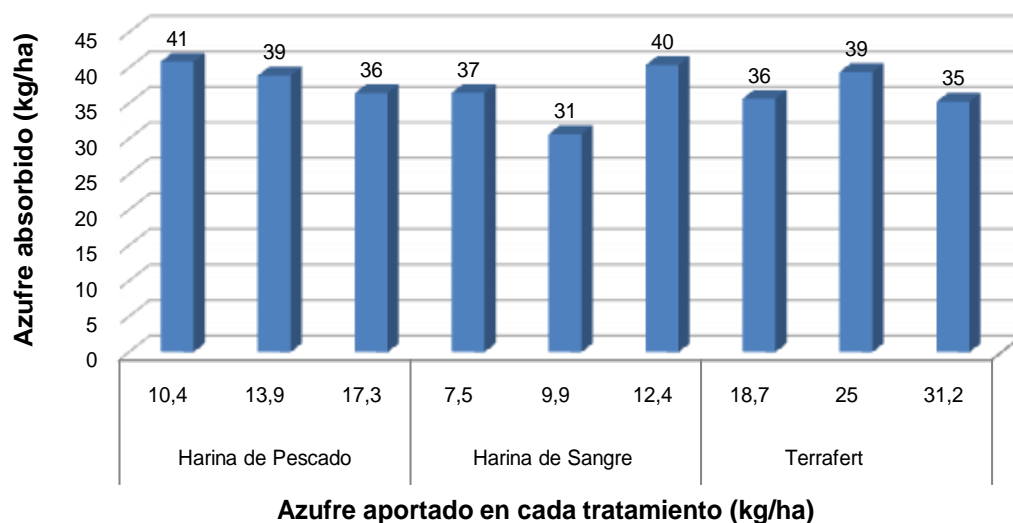


Figura 17. Comparación de las medias en la absorción de azufre que tuvo el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánica, bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

No se aprecian diferencias claras en la absorción de S en cada fuente de abono y sus dosis. Pese a esto, se nota una pequeña diferencia con respecto a las plantas tratadas con Harina de Pescado, presentando los valores más uniformes y mayores, además, se observa una pequeña tendencia a decrecer la absorción conforme aumenta la dosis de abono (Figura 17).

Según el análisis estadístico realizado a los valores de absorción de S de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, no hay diferencias significativas en cuanto al usar Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® en ninguna de las tres dosis aplicadas, y no se presentan interacción entre las dosis y las fuentes de abono (Anexo1).

En la Figura 16 se evidencia que la absorción de S obtenida en todos los tratamientos aplicados, es mayor que el aporte de S por los abonos, en ese sentido es de esperar que esa cantidad absorbida se deba a factores ajenos a los tratamientos. Posiblemente, la mayor cantidad de azufre absorbido sea responsabilidad de: los abonos sulfatados que son aplicados, como el sulfato de

magnesio, sulfato de potasio y sulfato de hierro, los cuales aportan grandes cantidades de azufre; y a el azufre aportado por la materia orgánica del suelo.

4.2.7 Absorción de hierro (Fe)

En la Figura 18 se muestran las medias de la absorción de hierro de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert®, y la cantidad de Fe aportado por cada fuente en las tres dosis correspondientes.

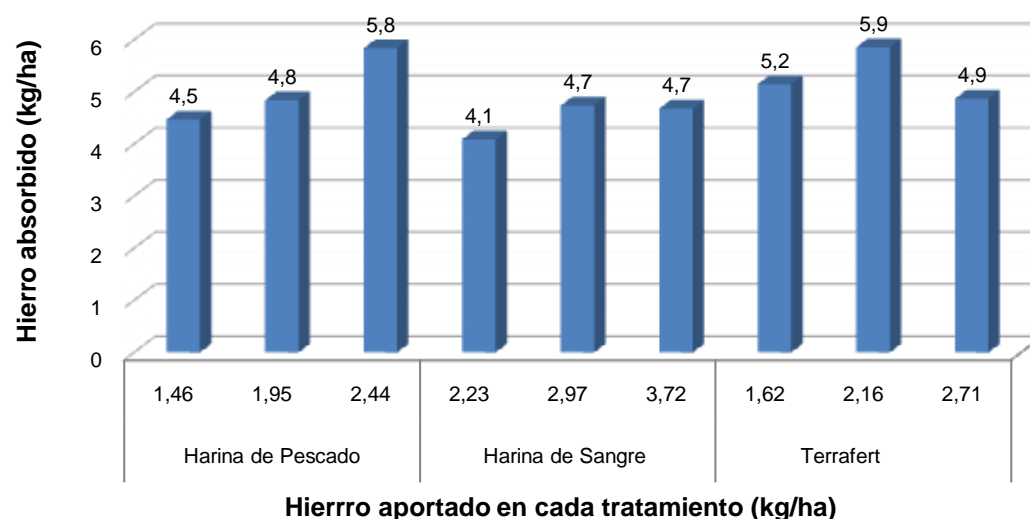


Figura 18. Comparación de las medias en la absorción de hierro que tuvo el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Se observa que los niveles de absorción de hierro oscilan de 5,8kg como valor más alto, obtenido en las plantas tratadas con Terrafert® en su dosis media, y el valor más bajo para las plantas tratadas con Harina de Sangre en su dosis menor, con un valor de 4,1kg de hierro absorbido (Figura 18).

En general, los valores de absorción no varían mucho entre los diferentes tratamientos aplicados, pero sí se observa una tendencia parcialmente creciente en la absorción según el aumento en la dosis, con excepción de la absorción

obtenida en los tratamientos en donde se utilizó Harina de Sangre y Terrafert®, ambos en la dosis más alta, en los cuales la absorción es levemente inferior a los tratamientos con la dosis media.

Comparando los valores de absorción de Fe con el de los demás micronutrientes, se observa que el hierro fue uno de los microelementos que más absorbió el cultivo, solo siendo superado por el de manganeso.

La cantidad de hierro que aportaron estos abonos es relativamente alta, la cual representa alrededor del 50% del total del hierro absorbido por las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, esta cantidad de hierro aportado es muy representativa y posiblemente esté en gran parte disponible para la planta, ya que la absorción presenta una tendencia parcialmente creciente respecto a la dosis aplicada (Figura 18).

Es importante destacar que el hierro es el microelemento que más cantidad aportan estos abonos y es el único que presenta valores de absorción parcialmente crecientes, en relación al aumento en la dosis aplicada.

A pesar de las diferencias leves que se observan, según el análisis estadístico realizado a los valores de absorción de Fe, obtenido por las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, no hay diferencias significativas al usar la Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert®, en ninguna de las tres dosis aplicadas, y no se presenta interacción entre las dosis y las fuentes de abono (Anexo1).

Se debe considerar el contenido de Fe en el suelo, ya que éste influye en la absorción del mismo por la planta. Según el análisis de suelo (Cuadro 7), el Fe está en una concentración de 105mg/L. Molina (2002), clasifica esta cantidad de Fe como alta, por lo que muy posiblemente una gran porción del Fe absorbido proviene del contenido en el suelo.

Otro factor que influye en la absorción de este micronutriente es el Fe aportado vía foliar mediante aplicaciones constantes de sulfato de hierro.

Se puede inferir que el Fe aportado por los abonos influyó en la absorción de este elemento, pero no en la cantidad suficiente para provocar diferencias

significativas, ya que el suelo y las aplicaciones foliares aportan mucho Fe, el cual fue constante para todos los tratamientos aplicados.

4.2.8 Absorción de zinc (Zn)

En la Figura 19 se muestran las medias de la absorción de zinc de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert®, y la cantidad de Zn aportado por cada fuente en las tres dosis correspondientes.

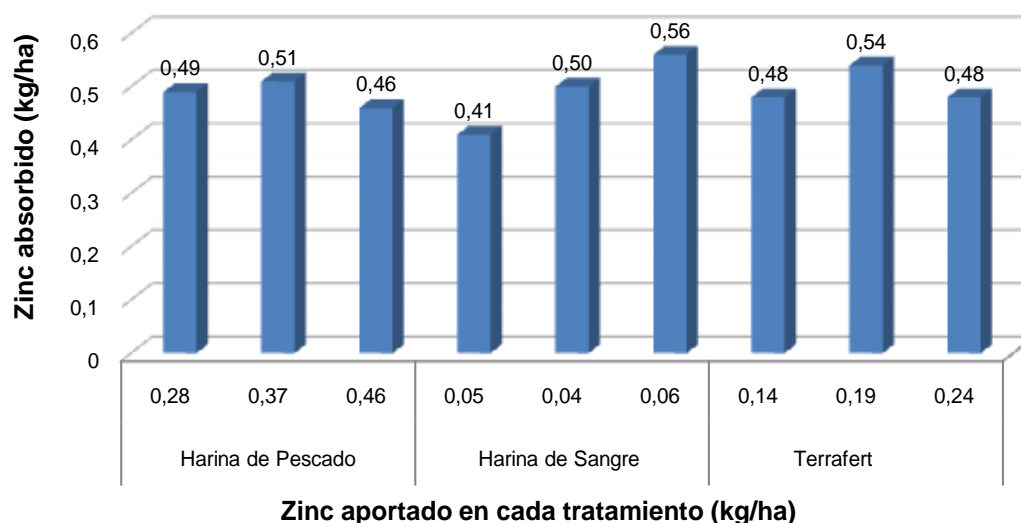


Figura 19. Comparación de las medias en la absorción de zinc que tuvo el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Se observa que la cantidad de zinc que absorbe la planta de piña es muy baja, siendo este elemento el que presentó los valores menores de absorción en comparación con los demás nutrientes, con excepción del cobre que en algunos tratamientos presenta valores más bajos (Figura 19 y 20).

Los valores de absorción de zinc no varían mucho entre los tratamientos, los cuales oscilan de 0,56kg en las plantas tratadas con Harina de Sangre en su dosis mayor (0,08kg), con el valor el más alto, y las plantas tratadas con la misma

Harina de Sangre pero en su dosis menor (0,05kg), con el valor más bajo de 0,41kg, como se aprecia, los rangos no son muy amplios (Figura 19).

No se observan diferencias amplias en la absorción de Zn que tuvieron las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, respecto a los tipos de abono aplicados y las tendencias con respecto a la dosis no son muy claras. Pese a esto, la plantas tratadas con Harina de Sangre presentan una leve tendencia creciente conforme aumenta la dosis de los abonos aplicados, en el caso de las plantas tratadas con Harina de Pescado y Terrafert®, los valores de absorción son crecientes en las dos primeras dosis más bajas, pero en la dosis más alta disminuye su absorción.

La cantidad de zinc que aporta la Harina de Pescado es alta, en consideración a las cantidades absorbidas por las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, siendo en algunos casos similar a la que absorbió el cultivo, no obstante, la Harina de Sangre y el Terrafert® aportan cantidades de Zn muy bajas, y aún así se presentan valores de absorción de Zn similares o mayores al de las plantas tratadas con Harina de Pescado, este hecho permite deducir que la absorción de zinc posiblemente responda a otros factores ajenos al Zn aportado por los abonos.

Uno de los factores que intervino en la absorción de Zn de las plantas de piña, es el contenido de este elemento en el suelo, el cual es de 6mg/L (Cuadro 7), lo que reporta Molina (2002), como una cantidad óptima de Zn en el suelo.

Otro de los factores que intervino en la absorción de Zn, son las aplicaciones foliares con el sulfato de zinc, el cual se aplicó en cantidades considerables durante el desarrollo de la plantación.

En el análisis estadístico realizado a los datos de absorción de Zn de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert® en las tres dosis correspondientes, se determinó que no hay diferencias significativas al usar cualquiera de estas fuentes de abono y sus dosis, y que no existe interacción entre la fuente y dosis (Anexo 1).

4.2.9 Absorción de manganeso (Mn)

En la Figura 20 se presentan los datos de absorción de manganeso de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert®, y la cantidad de Mn aportado por cada fuente en las tres dosis correspondientes.

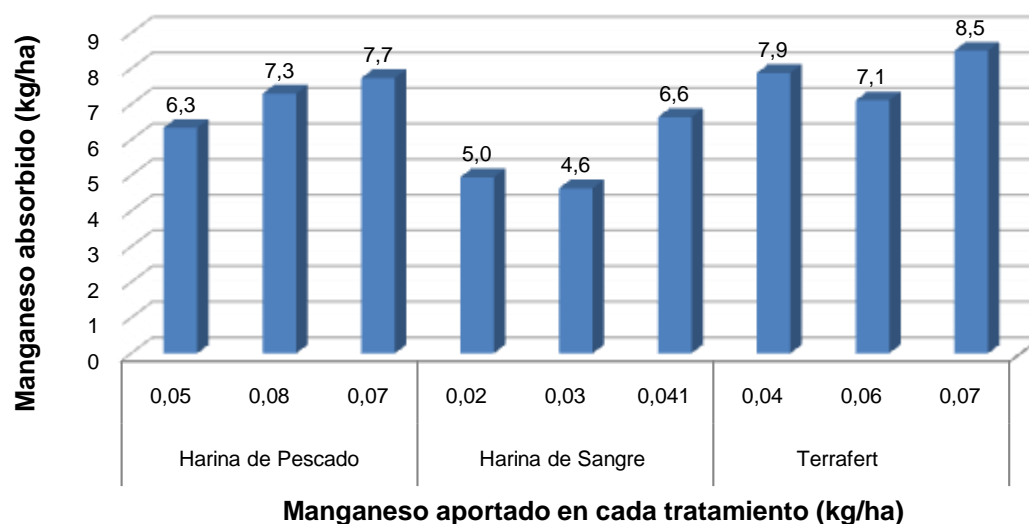


Figura 20. Comparación de las medias en la absorción de manganeso que tuvo el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Se observa que el Mn es el microelemento que más absorbió el cultivo de piña, con valores que oscilan entre 8,5kg para el valor más alto en el tratamiento de Terrafert® en su dosis mayor (0,07kg), y 4,6kg en el tratamiento de Harina de Sangre en su dosis media de 0,03kg (Figura 20).

Las cantidades de manganeso que aportan las fuentes de abono son muy bajas, en relación con lo que absorbieron las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, siendo esta alrededor de una centésima parte del total de lo que absorbió el cultivo, por lo que, las diferencias que se observan posiblemente no se

deben al efecto de la cantidad de manganeso que aportaron los abonos orgánicos y más bien responden a algunos otros factores.

Posiblemente uno de los factores que más intervino en la absorción del manganeso, fue la cantidad de nutrimento disponible en el suelo, ya que por medio de la fertilización que se da al cultivo, no se aporta manganeso.

Según el análisis de suelo (Cuadro 7), el valor de Mn reportado es de 110mg/L. Según la tabla de interpretación de análisis de suelo de Molina (2002), este suelo contiene valores muy altos de este elemento, por lo que posiblemente la mayoría de Mn contenido en las plantas corresponde al aportado por el suelo.

El análisis estadístico realizado a los datos de absorción de Mn de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, indica que no se presentan diferencias significativas entre las dosis y no hay interacción entre la fuente de abono y la dosis, pero sí hay diferencias significativas en cuanto a la fuente de abono utilizada.

En la Figura 21 se aprecia las medias en la absorción de Mn que presentaron en promedio las plantas tratadas con las diferentes fuentes de abono.

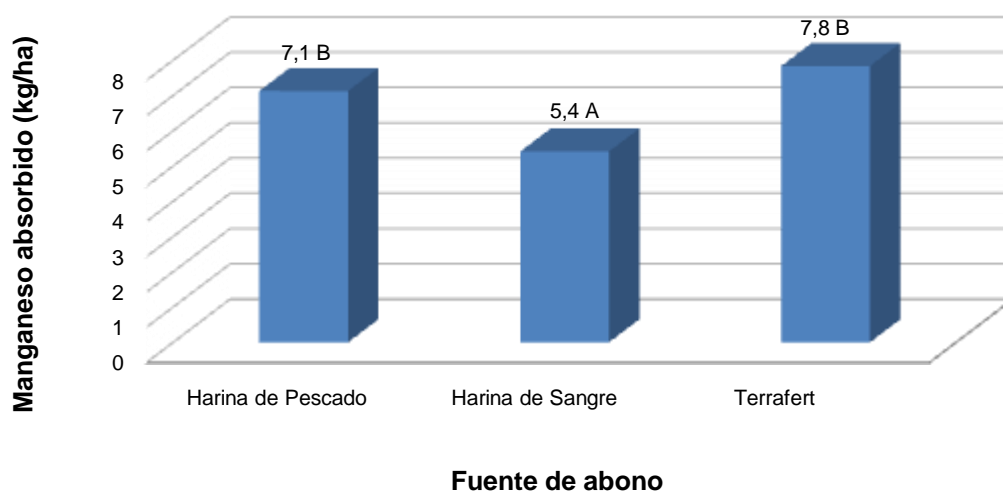


Figura 21. Comparación de las medias de la diferentes fuentes de abono utilizadas, en la absorción de manganeso que tuvo el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Las plantas tratadas con Harina de Sangre presentaron los valores de absorción de Mn menor (5,4kg), con respecto a las que fueron tratadas con Harina de Pescado y el Terrafert®, obteniendo estas 7,1kg y 7,8kg respectivamente y sin presentar diferencias entre ellas (Figura 21).

El comportamiento que presentan las plantas de piña en la absorción de este elemento, evidencia claramente que las plantas tratadas con Harina de Sangre obtuvieron una disminución en la absorción de manganeso, y como se mencionó anteriormente, no se debe a la cantidad de manganeso que aportan estos abonos, por lo que es posible que este efecto se deba a otros factores independientes de la fuente de abono, como interacciones con otros nutrimentos y pH de los abonos.

Jacob (1973), menciona que el potasio fomenta la absorción del manganeso. Aún cuando la demasía del manganeso es capaz de provocar deficiencias férricas y también puede suceder que las plantas sufran deficiencias simultáneas de Mn y Fe. Considerando que la Harina de Sangre es la fuente de abono que más hierro aportó es posible que al disolverse el abono en la axila de la hoja se presentarán antagonismos con el manganeso y los dos nutrimentos se vieran afectados en su absorción, al aplicar esta fuente de abono.

Otro factor que posiblemente influyó en la absorción de este elemento por parte de las plantas de piña, es el pH de los abonos ya que la Harina de Sangre presenta pH ligeramente básico y el Terrafert® y la Harina de Pescado pH ácidos (Anexo 3). En este sentido Jacob (1973), menciona que las reacciones alcalinas conducen a una fijación intensiva de este nutrimento y muestra que pH superiores a 6 provocan la disminución en la disponibilidad de Mn.

4.2.10 Absorción de boro (B)

En la Figura 22 se presentan los datos de absorción de boro de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert®, y la cantidad de B aportado por cada fuente en las tres dosis correspondientes.

Se observa que las variaciones no son muy amplias en cuanto a la absorción de Boro, siendo el valor más alto el de las plantas tratadas con Terrafert® a la

dosis media, con un valor de 0,94kg, y el valor menor para las plantas tratadas con Harina de Sangre en su dosis más baja con 0,7kg (Figura 22).

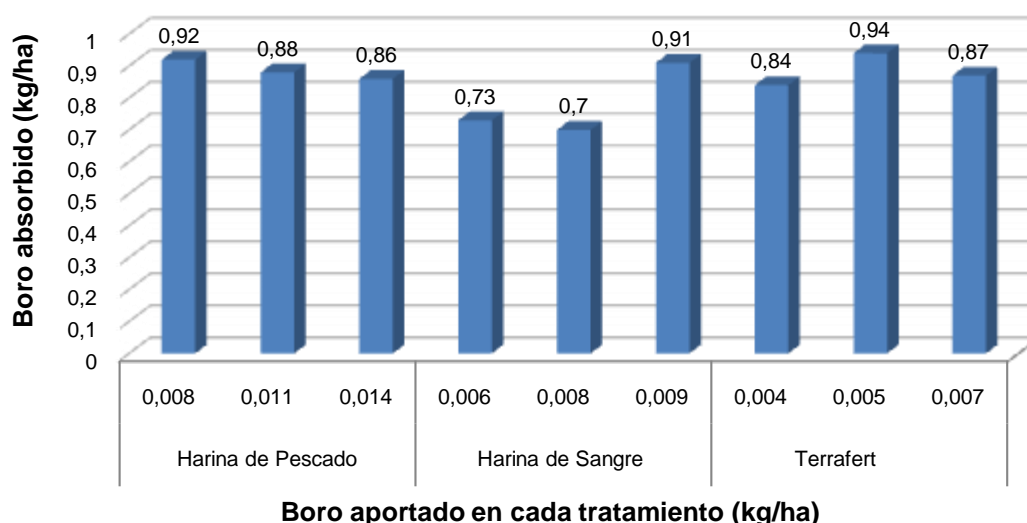


Figura 22. Comparación de las medias en la absorción de boro que tuvo el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

A pesar de que no se observan diferencias claras en la absorción de B de las plantas de piña, la absorción de B de las plantas tratadas con Harina de Pescado presentan valores más estables en todas sus dosis, pero no presentan tendencia creciente en relación a las dosis utilizadas, y más bien tiende a hacer levemente decreciente conforme aumenta la dosis de abono aplicado. Las plantas tratadas con Harina de Sangre presentaron los valores más bajos, a excepción de las que se trataron con la dosis mayor de abono, la cual si presentó valores similares a los tratamientos donde se utilizó Harina de Pescado y el Terrafert®, y no se aprecia tendencia creciente de absorción al aumentar las dosis. Las plantas tratadas con Terrafert® presentaron valores más altos que las tratadas con Harina de Sangre, similares a las plantas tratadas con Harina de Pescado, pero no se aprecia tendencia de acuerdo a la dosis.

Según el análisis estadístico realizado a los datos de absorción de B de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, no hay diferencias

significativas en cuanto a usar Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert®, ni al usar cualquiera de las tres dosis, y no se presenta interacción entre el abono y las dosis (Anexo 1).

Al igual que la en la mayoría de microelementos que contienen estos abonos, la cantidad de Boro que aportan es muy baja, en comparación a lo que absorbió el cultivo, siendo esta alrededor de una centésima parte de lo que absorbió la planta de piña.

En este caso, posiblemente la cantidad de Boro absorbido corresponda principalmente al que le es aportado normalmente en la fertilización al cultivo, con el ácido bórico, el cual es aplicado regularmente a el cultivo vía foliar.

4.2.11 Absorción de cobre (Cu)

En la Figura 23 se observan los valores de las medias de la absorción de cobre de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, en cada uno de los tratamientos correspondientes.

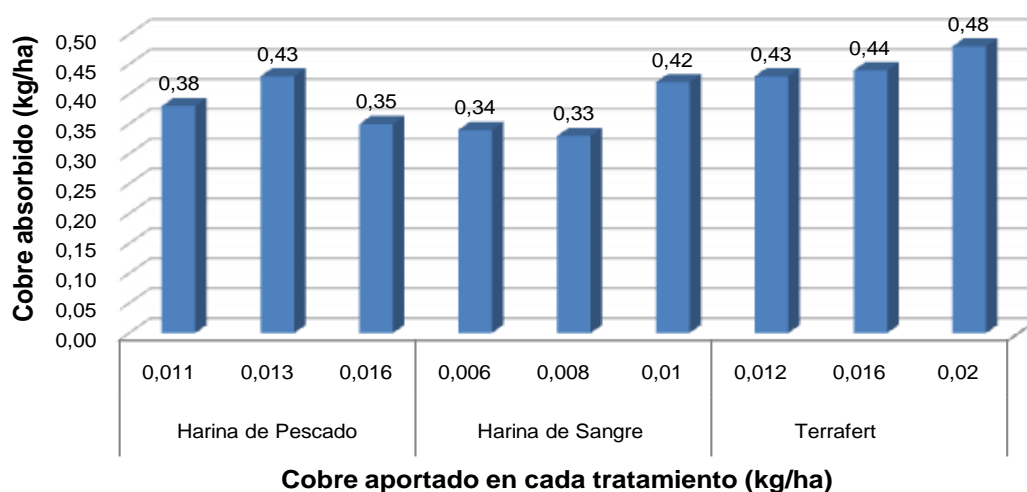


Figura 23. Comparación de las medias en la absorción de cobre que tuvo el cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Se aprecia que los datos de absorción obtenidos son muy variables, estos oscilan desde 0,33kg en las plantas tratadas con Harina de Sangre en la dosis media, hasta 0,48kg en las plantas tratadas con Terrafert® en su dosis mayor (Figura 23).

Según el análisis estadístico realizado a estos datos, reflejan que no se presentan diferencias significativas en la absorción de Cu a los siete meses y medio de edad de planta de piña, que fueron tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® y no se presentó diferencia significativa entre las dosis utilizadas.

En la Figura 23 se nota que la cantidad de cobre que aportaron las diferentes fuentes de abono son muy bajas en contraste con lo que fue absorbido por el cultivo de piña a los siete meses y medio de edad.

Posiblemente el cobre absorbido corresponda en muy poco o nada al que le fue suministrado al cultivo por el abono orgánico, y quizás éste haya sido absorbido en su mayoría del suelo. Según el análisis de suelo (Cuadro 7), el cobre está en cantidades de 17mg/l, lo cual es una cantidad óptima de disponibilidad de cobre según la tabla de interpretación de análisis de suelo de Molina (2002), además, mediante la fertilización no se suministra cobre, y la única forma en que se suministra cobre es mediante algunos fungicidas a base de cobre, las cuales son cantidades muy pequeñas y de baja concentración.

4.3 Color de hoja “D”

En la Figura 24 se exponen los valores promedios correspondientes al color de la hoja “D” que presentaron las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con la Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert® en las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha.

Según la tabla de colores de la Figura 5, se designó al color uno el verde más intenso (verde-azulado), al color dos verde, el color tres verde leve, el color cuatro verde-amarillo y al el color cinco amarillo.

Se observa que el color de la hoja “D” de todas las plantas en cada uno de los tratamientos fue alrededor de dos (verde) y no se presenta una gran diferencia en cuanto las fuente de abonos utilizadas ni en sus dosis (Figura 24).

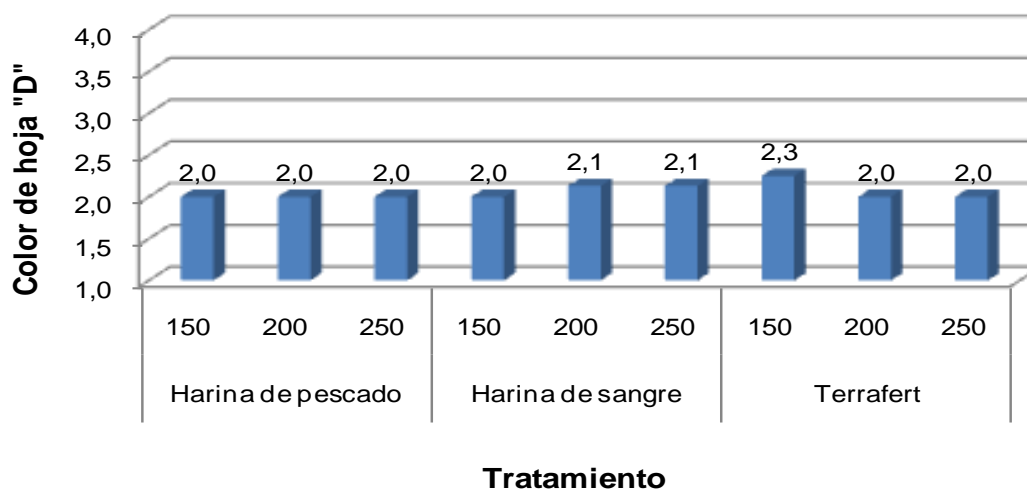


Figura 24. Comparación de las medias obtenidas en el color de la hoja “D” del cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada con técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Letras de Guatuso. 2009.

En el análisis estadístico realizado a los datos de esta variable, no hay diferencias significativas en color de hoja “D” a los siete meses y medio de edad, al tratar las plantas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® en ninguna de las dosis aplicadas, y no se presenta interacción entre la fuente de abono y la dosis utilizadas.

Posiblemente no haya diferencias en el color de la hoja “D” de las plantas de piña a los siete mese y medio de edad, ya que el nitrógeno es uno de los elementos que por ser componente esencial de la clorofila, la cual es encargada de absorción lumínica y mayor responsable del color verde de las plantas, no se vio afectado. No hubo diferencias significativas en la absorción de nitrógeno, lo que no reflejó en mayor o menor grado el verdor de la planta, además, otros nutrimentos que intervienen en el color verde de la planta, como el magnesio

fueron suministrados por fuentes diferentes al abono y homogéneamente para todos los tratamientos.

Es importante resaltar, que las deficiencias nutricionales que se dan en los cultivos son reflejadas, en algunas ocasiones, por clorosis en las hojas y cuando esta clorosis se presenta ya la deficiencia pudo haber sido muy severa. En este caso el color no llegó a ser el verde-azulado el cual se considera es la máxima expresión de verde que pudo haberse tenido en las hojas “D” de la planta de piña, pero sí estuvo alrededor de un verde “normal” característico de una plantación en un estado óptimo o levemente inferior, según lo que se pretende en la empresa donde se realizó el trabajo. Por otra parte, no se presentó una clorosis que indicara alguna deficiencia nutricional acentuada.

4.4 Biomasa, longitud y ancho de la hoja “D”

Según Py (1969), la hoja “D” de la planta de piña es la hoja adulta más joven, representa su estado fisiológico durante el periodo en que su crecimiento ha sido más activo y es útil para estimar las necesidades nutricionales y dar seguimiento al crecimiento y desarrollo de las plantas.

En la práctica, en la fundación PROAGROIN, esta hoja es muy utilizada para determinar el estado de nutrición de la planta, por lo que se consideró de relevancia evaluar diferentes parámetros de esta hoja.

En las Figuras 25, 26 y 27 se muestran las representaciones gráficas de los datos correspondientes a peso, longitud y ancho de la hoja “D” respectivamente, que presentaron las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con los tratamientos aplicados.

En la Figura 25, se nota que las diferencias no son muy marcadas en cuanto al peso de la hoja “D”. En general, se observan algunas discrepancias, pero no se puede determinar que alguno de los abonos y sus respectivas dosis, haya tenido algún resultado favorable o contraproducente.

Los valores mayores de peso de la hoja “D”, los presentan las plantas tratadas con Harina de Pescado, en su dosis menor, obteniendo un peso de 129g, por otro lado; el valor menor obtenido corresponde a las plantas tratadas con

Harina de Sangre, en su dosis media, con un valor de 103g. Los demás valores de los restantes tratamientos, oscilan entre el rango de los dos valores mencionados, siendo así un rango no muy amplio (26g).

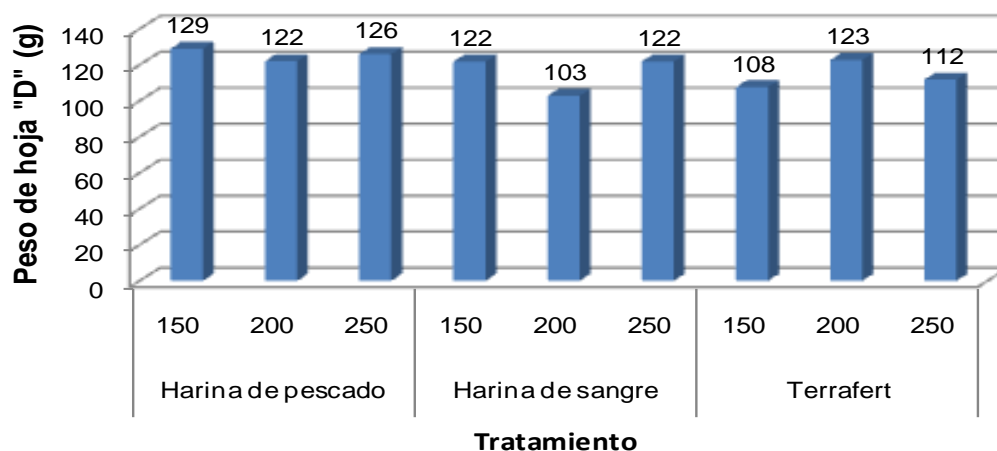


Figura 25. Comparación de las medias en el peso de hoja "D", del cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Pese a lo anterior, las plantas tratadas con Harina de Pescado presentan valores más estables y mayores en todas sus dosis, mientras que las plantas tratadas con Harina de Sangre y el Terrafert® presentan valores con más variabilidad y muy similares entre sí.

Según el análisis estadístico realizado a los datos de peso de la hoja "D" a los siete meses y medio de edad del cultivo piña, no hay diferencias significativas en ninguna de las fuente de abono utilizadas ni sus dosis, y no se presenta interacción entre fuente de abono y dosis.

En la Figura 26 se observa las medias de los valores correspondientes a la longitud de la hoja "D" de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, tratadas con la Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert® en las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha.

Las medias de longitud de la hoja “D” (Figura 25) presentan rangos muy estrechos que oscilan entre 111cm para el valor más alto de las plantas tratadas con Harina de Sangre en la dosis de 150kg, al valor más bajo de 101cm para las plantas tratadas con Harina de Sangre en su dosis media (200kg) y las tratadas con Terrafert® en su dosis más baja (150kg).

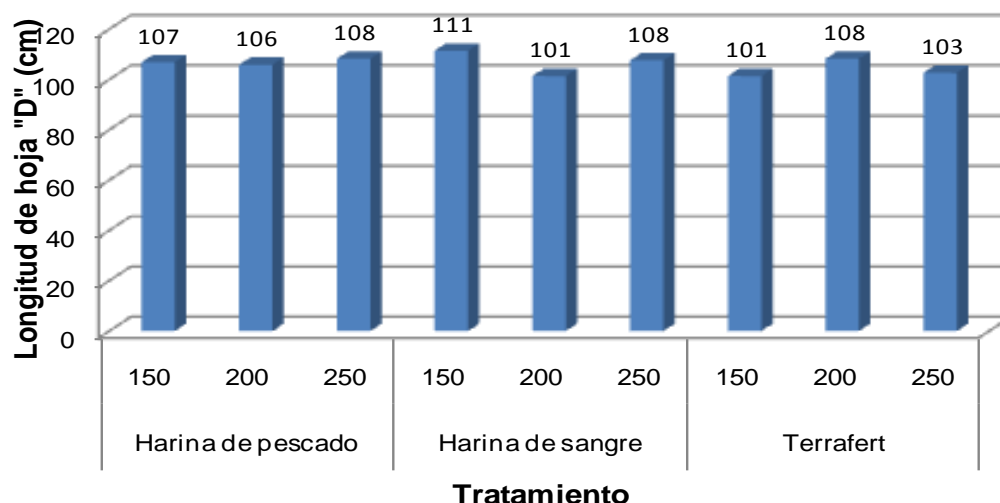


Figura 26. Comparación de las medias de longitud de hoja “D” de la planta de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada con técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en Las Letras de Guatuso. 2009.

Según la Figura 26 se observa que no hay una diferencia clara en la longitud de la hoja “D” de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, al utilizar los diferentes abonos y sus dosis, esto es reafirmado en el análisis estadístico realizado a los datos correspondientes a la longitud de la hoja “D” (Anexo 1). Este indica que no hay diferencias significativas al tratar las plantas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® en ninguna de las tres dosis aplicadas, y no se presenta interacción alguna entre el tipo de abono y la dosis.

La Figura 27 representa las medias del ancho de la hoja “D” a los siete meses y medio de edad del cultivo de piña, tratadas con los tratamientos aplicados.

Al igual que en las variables anteriores de hoja “D” de las plantas de piña, el ancho de la hoja “D” no presenta tendencia clara, según la Figura 27 la variación es muy poca, siendo las plantas tratadas con Terrafert® en su dosis media las que presenta los valores mayores (7,8cm) y las tratadas con Harina de Sangre en su dosis media la de menor valor (6,7cm).

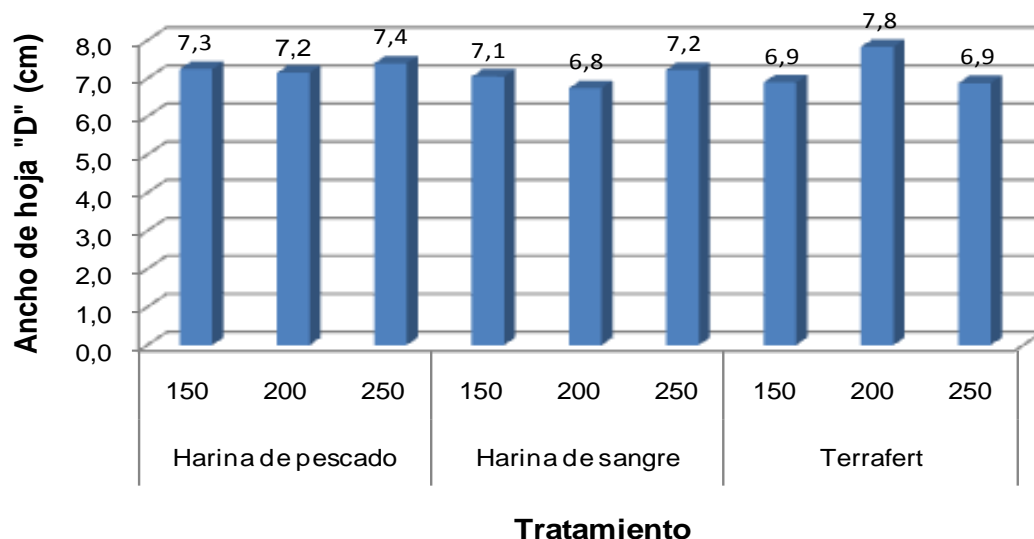


Figura 27. Comparación de las medias, en el ancho de hoja “D”, del cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada con técnicas orgánicas, bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en letras de Guatuso. 2009.

Según el análisis estadístico realizado (Anexo 1), no se presentan diferencias significativas, en el largo de la hoja “D” de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, al ser tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® en las dosis de 150kg, 200kg o 250kg de N/ha. Y no hay interacción entre la fuente de abono y sus dosis.

Es importante resaltar que el peso, longitud y ancho de la hoja “D” de las plantas de piña a los siete meses y medio de edad, presentaron tendencias similares. Al igual con los pesos de la planta de piña (Figura 6 y 7), los cuales presentan una tendencia entre sus tratamientos similar al peso, longitud y ancho

de la hoja “D”. Esto indica que la hoja “D”, como se ha mencionado anteriormente, si representa en buena parte el desarrollo de la planta de piña.

4.5 Cantidad de hojas de la planta

El número de hojas en la planta de piña es una variable que ayuda a determinar el crecimiento de la planta y debido a que el nitrógeno está muy relacionado e interviene en gran parte en el crecimiento y desarrollo de la planta, se considera de gran importancia esta variable.

En la Figura 28 se presentan las medias de la cantidad de hojas emitidas por las plantas de piña a los siete meses y medio de edad correspondientes a cada uno de los tratamientos aplicados. Como se observa, las diferencias entre cada tratamiento no son amplias, siendo el de mayor valor para las plantas tratadas con Terrafert®, en su dosis media, con un valor de 53 hojas por planta y el de menor valor para las tratadas con Harina de Sangre en su dosis media con 47 hojas por planta, todos los demás tratamientos se encuentran entre este rango de 47 a 53 hojas/planta.

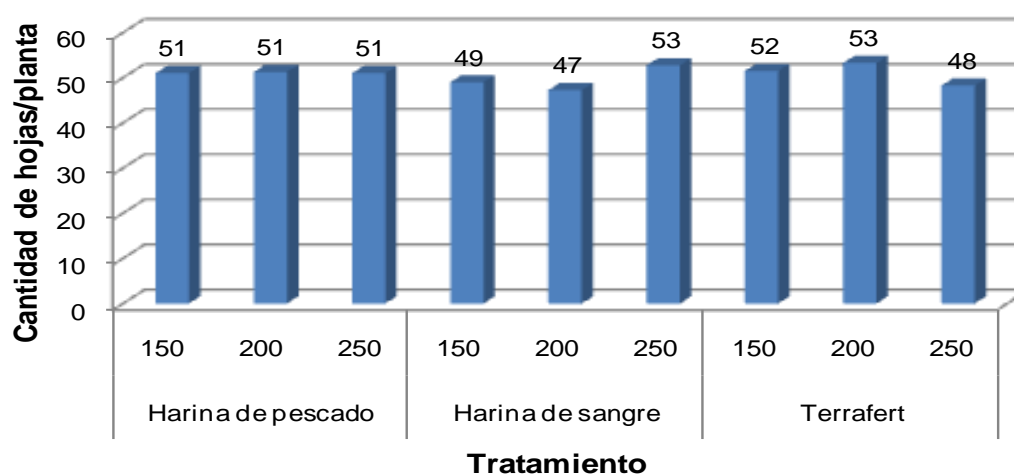


Figura 28. Comparación de las medias, en el número de hojas por planta, del cultivo de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2 cultivada bajo técnicas orgánicas y bajo el efecto de las dosis de diferentes fuentes de nitrógeno de origen orgánico, en la finca de Felipe Rojas en letras de Guatuso. 2009.

Jiménez (1996), menciona que las plantas de piña normalmente producen de 30 a 40 hojas, lo que es inferior a lo obtenido en esta investigación, esto indica que el desarrollo de la planta en cuanto a la emisión de hojas fue adecuado según lo reportado por este autor.

En la Figura 28 se aprecia que el efecto de los abonos sobre las plantas no causó diferencias notables al ser tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® sobre la cantidad de hojas/planta al igual con las dosis aplicadas. Esto es reafirmado por el análisis estadístico realizado a los valores de cantidad de hojas/planta (Anexo 1), el cual indica que no hay diferencias significativas al tratar las plantas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® en ninguna de las dosis aplicadas, y no se presenta interacción entre la fuente de abono y las dosis.

4.6 Análisis económico

Como se mencionó en la metodología, el cálculo de las dosis se basó en el nitrógeno elemental que contenía cada abono, por lo que fue necesario determinar la concentración de nitrógeno y la humedad que contenía cada uno.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados de humedad y contenido de N de los abonos utilizados en cada una de las tres aplicaciones realizadas.

Cuadro 9. Comparación y promedio de la concentración de nitrógeno y porcentaje de humedad que contenía cada abono en cada una de las tres aplicaciones que se realizaron.

		Harina de Sangre	Harina de pescado	Terrafert®
Primera aplicación	Concentración N (%)	9,91	9,69	13,88
	Humedad (%)	32,00	8,00	11,00
Segunda aplicación	Concentración N (%)	9,20	8,88	12,41
	Humedad (%)	20,00	7,00	14,00
Tercera aplicación	Concentración N (%)	13,91	9,77	12,89
	Humedad (%)	32,00	7,00	12,00
Promedio	Concentración N (%)	11,01	9,45	13,06
	Humedad (%)	28,00	7,33	12,33

De acuerdo con el cuadro anterior, la variabilidad de los abonos es alta en su concentración de N y humedad, por lo que se promedió la concentración y humedad para utilizar esto como referencia en el cálculo de las dosis para el respectivo análisis económico.

Cabe recordar, que en esta investigación las dosis de producto comercial fue diferente en las tres aplicaciones realizadas, ya que, el abono utilizado provenía de diferentes lotes o pedidos y contenían concentraciones de N y humedad diferentes (Cuadro 9).

En el Cuadro 10 se presenta el cálculo de los costos de los abonos según los promedios de N y humedad (Cuadro 9). Se aprecia el costo por kilogramo de producto comercial, costo por hectárea y la diferencia porcentual entre el costo de la Harina de Sangre con respecto a la Harina de Pescado y el Terrafert®.

Este cálculo está basado en la dosis más baja que se utilizó (150kg) ya que las otras dosis más altas (200kg y 250kg) no presentaron diferencia significativas en las variables evaluadas y además el costo por hectáreas con las otras dosis será proporcional al incremento en las mismas.

Cuadro 10. Costo por kilogramo, costo por ha, costo por unidad de nitrógeno y la diferencia porcentual de la Harina de Pescado y el Terrafert® respecto a la aplicación de Harina de Sangre, a la dosis de 150kg de nitrógeno por ha.

Abono	Dosis N (Kg/ha)	Dosis PC (Kg/ha)	Costo PC/Kg	Costo/ Kg N	**Costo PC/ha	Diferencia
Harina de Sangre	150	1893	\$ 0,51	\$ 6,4	\$ 965	100%
Harina de Pescado	150	1714	\$ 0,63	\$ 7,2	\$ 1.076	111%
Terrafert®	150	1310	\$ 1,20	\$ 10,5	\$ 1.572	163%

* PC= producto comercial.

**Tipo de cambio: \$1.00 USD = ₡ 540.00 C.R

El costo total por ha dependerá de la cantidad de producto comercial a utilizar y el precio por kilogramo.

La Harina de Sangre es el abono con menor costo por aplicación/ha (\$965), aunque este sería el abono que más cantidad tendría que usarse de producto comercial, presenta el menor costo/ha debido al menor precio por kilogramo de N.

La Harina de Pescado presenta un costo intermedio con respecto a los otros dos abonos (\$1.076), con esta se debe utilizar una cantidad media de producto comercial y el precio por kilogramo es intermedio también. Este aumento en el costo de producto comercial a utilizar representa un 11% con respecto al uso de la Harina de Sangre.

El producto más costoso es el Terrafert® (\$1.572) el cual es un 46% mayor que la Harina de Sangre., aunque este es el de menor dosis de producto comercial, su alto costo por kilogramo aumenta el costo total de producto comercial/ha.

Basado en el aporte de N, la Harina de Sangre es la que presenta el menor costo por unidad de N que suministra, pese a esto, se debe de tener en cuenta que la Harina de Pescado suministró, además del N, grandes cantidades de fósforo que podrían ayudar a reducir el costo en el suministro de este elemento.

Es importante resaltar que las cantidades de producto comercial aplicados, que se presentan en el Cuadro 9 están basadas en la concentración de nitrógeno y humedad que se reportaron en el análisis que se realizó a cada uno de los lotes de abono antes de hacer cada aplicación, debido a esto, las comercializadoras de estos productos reportan una concentración de N y porcentaje de humedad teóricos, estas fueron diferentes a las que se reportaron en los análisis realizados. Por lo tanto, se realizó un análisis económico según estos reportes de concentración y humedad teóricos, como se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. **Costos de los diferentes abonos de acuerdo a la concentración de nitrógeno y porcentaje de humedad teóricos que contienen estos.

Abono	Concentración de N (%)	Humedad (%)	Dosis N (Kg/ha)	*Dosis PC (Kg/ha)	*Costo/ Kg PC	Costo /Kg N	*Costo PC/ha	Diferencia
Harina de Sangre	8,00	30,00	150	2679	\$ 0,51	\$ 9,1	\$ 1.366	100%
Harina de Pescado	8,30	10,00	150	2008	\$ 0,63	\$ 8,4	\$ 1.261	92%
Terrafert®	12,00	8,50	150	1366	\$ 1,20	\$ 10,9	\$ 1.639	120%

*PC= producto comercial.

**Tipo de cambio: \$1.00 USD = ₡ 540.00 C.R

Es importante resaltar que PROAGROIN emplea las dosis de Harina de Sangre basadas en esta concentración y porcentaje de humedad por lo que se utiliza la dosis fija de 2679kg/ha, esto es de gran importancia al comparar el costo de aplicar esta cantidad con respecto a la de los demás abonos.

Si se compara las concentraciones obtenidas (Cuadro 9) con las teóricas (Cuadro 11), se nota que en el caso de la Harina de Sangre fue más favorable las que se obtuvieron según los análisis que se realizó, en la que se obtuvo una concentración de N mayor en un 3,01% que la teórica y la humedad fue un 2% menor, esto se refleja en una dosis menor de producto comercial a aplicar y por ende una disminución en el costo de aplicación de este producto.

En el caso de la Harina de Pescado la concentración y humedad obtenidas en los análisis realizados (Cuadro 9) son favorables según los datos teóricos que reporta su proveedor, en lo que respecta a la concentración de N el proveedor indica que está en un rango de 7,8% y 8,8% y en los análisis realizados estuvo alrededor de 9,45% y la humedad fue de un 7,33%, en la teoría se presenta un máximo de 10% de humedad. Al igual que la Harina de Sangre, estos resultados favorecieron que se aplicara una menor dosis de producto y disminuya su costo por aplicación del mismo. En el caso que el cálculo de dosis estuviera basado en los datos teóricos el costo de la aplicación sería menor a la de la Harina de Sangre en la dosis calculada teóricamente, como se aprecia en el Cuadro 12.

El abono Terrafert® presentó un contenido de humedad similar al que se reporta teóricamente, el cual fue de 12,3% y el de la teoría indica un máximo de un 12%; con respecto a la concentración de nitrógeno, el porcentaje obtenido es mayor al que se reporta en la teoría, ya que se obtuvo un 13,06% y teóricamente es de 8,5% de N. En este caso la dosis calculada teóricamente es mayor a la calculada basada en los análisis realizados a los abonos (práctica), ya que la concentración de nitrógeno fue mayor en los análisis realizados (Cuadro 9), por lo que el cálculo con la dosis teórica provoca el aumento en la dosis de producto comercial a aplicar y por ende su costo. Comparando el costo de la dosis de Terrafert® con la dosis teórica de la Harina de Sangre el costo es superior en 76%.

En el Cuadro 12 se representan la comparación de dosis y costos entre la dosis teórica y la usada (práctica) según la concentración de N y porcentaje de humedad que se obtuvieron en los análisis realizados en esta investigación.

En el Cuadro 9 se puede apreciar que las dosis teóricas son mayores a las prácticas, esto repercute en el costo de aplicación de los productos.

Si se toma como referencia lo que actualmente recomienda PROAGROIN, la Harina de Sangre a dosis de 2679kg/ha, y se compara los demás productos respecto a esta, se puede apreciar que la dosis de Harina de Sangre práctica, la Harina de Pescado práctica y la Harina de Pescado teórica son menores en su costo que la Harina de Sangre (teórica), al igual que el costo por unidad de N (Cuadro 12.)

El Terrafert® en todos los casos presenta un costo superior al de la Harina de Sangre y principalmente en el caso de la dosis teórica el cual es en un 76% mayor, en el caso de la dosis práctica el costo no sería tan elevado, siendo de un 15% superior al de la Harina de Sangre a dosis teórica (Cuadro 12).

Según Piedra (2009), la Harina de Sangre presenta una concentración de N y humedad muy variable y los resultados obtenidos en los análisis de esta investigación están por encima del promedio, principalmente lo referente a la concentración de N.

Es importante recalcar que la empresa Sardimar, productora y comercializadora de la Harina de Pescado garantiza la humedad y concentración de N mínima de la misma, y según los resultados prácticos obtenidos estuvieron mejor que los que reportan en la teoría. Esto brinda una ventaja respecto al uso de la Harina de Sangre al ser menos variable, lo que posiblemente pudiera tener un efecto positivo en el cultivo, lo cual podría ser la causa de que en la mayoría de variables evaluadas los resultados obtenidos con la Harina de Pescado sean menos variables en comparación con la Harina de Sangre y Terrafert®.

Cuadro 12. ***Comparación entre el cálculo de dosis a base teórica y mediante la obtención de resultados, respecto a la concentración de N y porcentaje de humedad, para obtener una dosis de 150kg de N/ha y su respectiva comparación económica.

Abono	Calculo de dosis	Dosis PC (Kg/ha)	Costo/ Kg PC	Costo/ Kg N	Costo PC/ha	Diferencia
Harina de Sangre	*Teórica	2679	\$ 0,51	\$ 9,11	\$ 1.366	100%
	**Práctica	1893	\$ 0,51	\$ 6,44	\$ 965	71%
Harina de Pescado	*Teórica	2008	\$ 0,63	\$ 8,41	\$ 1.261	92%
	**Práctica	1714	\$ 0,63	\$ 7,17	\$ 1.076	79%
Terraferf®	*Teórica	1366	\$ 1,20	\$ 10,90	\$ 1.639	120%
	**Práctica	1310	\$ 1,20	\$ 10,48	\$ 1.572	115%

*Cálculo de la dosis según lo reportado por la comercializadora del producto respecto al porcentaje de humedad y concentración de N.

**Calculo de la dosis según los resultado promedio obtenidos en los tres análisis realizados en esta investigación.

***Tipo de cambio: \$1.00 USD = ₡ 540.00 C.R

Otro factor cualitativo que cabe mencionar, es el desagradable olor que emana la Harina de Sangre, esta tiene un mal y fuerte olor superior al que presenta la Harina de Pescado y el Terraferf®. Posiblemente esto se deba a la alta humedad que contiene la Harina de Sangre. Este factor es de gran relevancia ya que podría causar problemas sociales en plantaciones que estén cerca de actividades humanas.

Se debe de considerar que el aporte de fósforo que proporciona la Harina de Pescado, indica cantidades significativas de este elemento, aspecto que podría ahorrar el costo de aplicación de fósforo al cultivo mediante otra fuente.

PROAGROIN, sugiere el uso de roca fosfórica como suministro de fósforo para el cultivo piña; se podría usar la Harina de Pescado como suministro de fósforo y nitrógeno a la vez, por lo que se tendría un ahorro en la aplicación del fósforo, como se muestra en el Cuadro 13.

Cuadro 13. ***Costo del producto comercial, puesto en Guatuso, para el suministro de fósforo y nitrógeno que se tendría por hectárea y la respectiva diferencia porcentual con respecto a la Harina de Sangre.

Abono	Costo de N/ha	*Costo de P/ha	Costo de P y N/ha	Diferencia
Harina de Sangre	\$965	\$240	\$1.205	100%
Harina de Pescado	\$1.076	**0	\$1.076	89%
Terrafert®	\$1.572	\$240	\$1.812	150%

*Costo del producto que actualmente se utiliza en PROAGROIN para suministrar el fósforo al cultivo, no incluye el coste por concepto de aplicación.

**No se incluye el costo de suministro de fósforo en el abono Harina de Pescado ya que con el uso de este no se tendría que utilizar la roca fosfórica.

***Tipo de cambio: \$1.00 USD = ₡ 540.00 C.R

Según el producto, dosis y costo del producto que utilizan los productores de PROAGROIN para el suministro del fósforo, este tiene un costo de \$240/ha, si este costo se le suma al abono Harina de Sangre y Terrafert®, los cuales no presentaron efecto en el suministro del fósforo, y a la Harina de Pescado no se le suma, ya que esta tuvo un efecto positivo en el suministro del fósforo, se podría tener un ahorro de un 11% en el costo total de productos para el suministro de ambos nutrimentos, además de que no se incurre en el gasto por mano de obra para hacer la aplicación de fósforo (Cuadro 13).

Cabe mencionar que el aporte de fósforo por parte de Harina de Pescado a la dosis menor que se utilizó, es superior al que se le suministra al cultivo con la roca fosfórica.

5 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó este estudio se concluye que:

1. No se presentan diferencias significativas entre la biomasa de las plantas de piña que fueron tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® a las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha.
2. No se presentaron diferencias significativas en cuanto a la absorción de nitrógeno por parte de las plantas de piña tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert®, ni al usar las dosis de 150kg/ha, 200kg/ha y 250kg/ha de nitrógeno en cada uno de los abonos.
3. No se presentaron diferencias significativas en cuanto a la absorción de K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, B y Cu, por parte de las plantas de piña tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert®, ni al usar las dosis de 150kg/ha, 200kg/ha y 250kg/ha de nitrógeno en cada uno de los abonos.
4. La Harina de Pescado, Harina de Sangre y el Terrafert® a las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha, permiten un adecuado balance nutricional y desarrollo al cultivo de piña orgánico.
5. Los resultados indican que las plantas de piña lograron absorber más nitrógeno del que se le fue suministrado mediante fertilización
6. No se encontró diferencias significativas en la biomasa, longitud y ancho de la hoja de “D”, de las plantas de piña orgánicas que fueron tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® a las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha.
7. No se presentan diferencias significativas en el color de la hoja “D” de las plantas de piña, que fueron tratadas con Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® a las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha.

8. La cantidad de hojas de la planta de piña no presenta diferencias significativas con respecto a usar Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® a las dosis de 150kg, 200kg y 250kg de N/ha.
9. La aplicación de Harina de Pescado a las plantas de piña provocó que obtuvieran valores más estables en las tres dosis aplicadas, con respecto a la absorción de los diferentes nutrimentos, biomasa de la planta, crecimiento de la hoja “D” y cantidad de hojas de la planta.
10. La aplicación de Harina de Pescado a las plantas de piña implicó diferencias significativas en cuanto a la absorción de fósforo, promovió la mayor absorción de este elemento (24kg/ha), y aportó más fósforo en comparación con lo aportado por el Terrafert® y la Harina de Sangre.
11. La aplicación de Harina de Sangre durante el desarrollo del cultivo de piña provocó una disminución significativa en cuanto a la absorción de manganeso, con respecto a la absorbido al aplicar Harina de Pescado y el Terrafert®.
12. La Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert® presentan una considerable cantidad y variedad de nutrimentos que intervienen en la absorción de nutrimentos al ser aplicados al cultivo de piña.
13. El costo por unidad de N de la Harina de Pescado, Harina de Sangre y Terrafert® está relacionado con la concentración de N y porcentaje de humedad de cada fuente
14. Es necesario verificar la concentración de N y humedad de los abonos antes de calcular la dosis.
15. Para el aporte de nitrógeno y fósforo, la Harina de Pescado presenta un costo menor que la Harina de Sangre y el Terrafert®, debido a su alto contenido de ambos nutrimentos.

6 RECOMENDACIONES

Considerando las condiciones en que se realizó este estudio se recomienda lo siguiente:

1. Técnicamente se podría utilizar la Harina de Pescado, Harina de Sangre o Terrafert® en cualquiera de las dosis (150kg, 200kg o 250kg de N/ha) en cuanto a lo que se refiere el suministro de nitrógeno para el cultivo de piña. Se recomienda utilizar la dosis más baja y la fuente queda a consideración de otros factores como el precio y la disponibilidad del producto.
2. De acuerdo con el factor económico, para el suministro de nitrógeno, se recomienda utilizar la Harina de Sangre a la dosis de 150kg de N/ha calculada mediante el análisis de humedad y concentración de nitrógeno, ya que es la de menor costo por unidad de nitrógeno.
3. Como suministro de nitrógeno y fósforo se recomienda utilizar la fuente de Harina de Pescado ya que esta además de aportar el nitrógeno, aportará grandes cantidades de fósforo que ayudarán a facilitar el aporte de éste al cultivo.
4. En cuanto al aspecto económico se refiere, es recomendable utilizar la Harina de Pescado como aporte de N y P, ya que el costo por ambos nutrimentos es menor si se aplica la Harina de Pescado, que aportándolo mediante la roca fosfórica más la Harina de Sangre o el Terrafert®.
5. Es conveniente seguir con el proyecto hasta la primera y segunda cosecha ya que posiblemente la liberación de nutrimentos por parte de las fuentes utilizadas se siga dando y lo que podría ocasionar alguna diferencia importante en el desarrollo del fruto y absorción de nutrimentos.
6. Se recomienda para futuras investigaciones similares a ésta, dejar un testigo absoluto para estimar qué tanto logra absorber la planta únicamente del suelo, y determinar así con mayor exactitud cuánto aporta de nutrimentos las fuentes de abono.

7 LITERATURA CITADA

Acuña, G. Rojas, J y Rodríguez, A. 2006. Piña en Costa Rica: producción y ambiente. Ambientico. (en línea). Consultada el 10 may. 2008. disponible en <http://www.ambientico.una.ac.cr/158.pdf>

Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de las Ciencias del Suelo (ACCS). San Jose, CR. 157 p.

Castro, Z. 1998. Folleto del cultivo de piña. San Carlos. ITCR. 30 p.

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Comercial, SA). 2003. Cultivo de piña (*Ananas comosus*): Información Tecnológica (en línea). s.c. Consultada el 12 de may. 2008. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/html/ciencia/otrainformacion/agricola/pina.html>

Coronado M. 1997. Agricultura orgánica versus agricultura convencional. Primer encuentro: Abonos orgánicos vs. Fertilizantes químicos. Cendo CIED. (en línea). Consultado el 1 oct. 2008. Disponible en <http://www.ciedperu.org/articulos/organico.htm>

Gamboa, A. 2006. Efecto del peso de la planta al forzamiento sobre el rendimiento y calidad de la fruta en piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2. Tesis Lic. Ing. Agr. CR, ITCR. 82p.

García, F. sf. Agricultura sustentable y materia orgánica del suelo: siembra directa, rotación y fertilidad. (En línea). Consultado el 25 oct. 2009. Disponible en <http://www.ipni.net>.

Iglesias, J. 2008. Nutrición del cultivo de piña (Charla). Guatuso, C.R. (comunicación personal)

Jacob, A. y Uexkull, H. 1973. Fertilización: nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. 4^a ed., México D.F. Ediciones Euroamericanas S.A. 626 p.

Jiménez D, JA.1999. Manual práctico para el cultivo de la piña de exportación. Cartago. CR, Editorial Tecnológica. 224 p.

Jiménez, J. 1996. EL cultivo de piña para exportación. México, Taller Grafico. 167 p.

Kass D, CL. 1998. Fertilidad De Suelos: Dinámica de nutrimentos. San José, CR. EUNED. 231 p.

Lampkim, N. 1998. Agricultura Ecológica. Reimpresión. España. Editorial Mundi-Prensa. 725 p.

Lara, A. 2002. Caracterización de los abonos y fertilizantes de uso más frecuente en Costa Rica. Informe de labores Bach. Ing. Agr. CR, ITCR. 92 p.

Linares, J. 2008. Protocolo de nitrógeno (correo electrónico). Alajuela, CR, Fundación PROAGROIN. (Correspondencia personal).

Molina, E.A. 2002. Fertilización foliar de cultivos frutícolas. Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Editores: Meléndez, G. y Molina, E.A. Laboratorio de Suelos y Foliares, Centro de Investigación Agronómica (CIA), Universidad Costa Rica y Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.

Morales G, M. 2001. Técnicas de producción orgánica en el cultivo de pina (*Ananas comosus* (L) Merr. empresa productos orgánicos del trópico Buenos Aires, Puntarenas. Tesis Lic. Ing. Agr. CR, ITCR. 82p.

Narea, G y Valdivieso, C. 2002. Agricultura orgánica. Situación actual, desafíos y técnicas de producción. Servicio Agrícola y Ganadero, Departamento de Protección Recursos Naturales Renovables. Chile. 150 p.

Núñez, J. 1985. Fundamentos de edafología. 2 ed. Editorial universidad estatal a distancia (UNED). San José, Costa Rica. 185 p.

Peña, H; Días, J; Martínez, T. 1996. Fruticultura Tropical Primera Parte: piña y mango. Bogota. 234 p.

Picado J y Vásquez H. 2004. Propuesta y evaluación de un manejo tecnológico. (en línea). Consultada el 14 may. 2008. disponible en: <http://www.ambientico.una.ac.cr/158.pdf>

Piedra, B. 2009. Alajuela, CR, Fundación PROAGROIN. (Correspondencia personal).

Py, C. 1969. La Piña Tropical. 1^{er} ed. Barcelona, España. Editorial Blume. 278 p.

Samson, JA. 1991. Fruticultura Tropical. DF México. Limusa. 396 p.

Silva, A. sf. La materia orgánica del suelo. (en línea). Consultado el 25 oct. 2009. disponible en <http://www.fagro.edu.uy/edafaologia>

Solano, J; Villalobos, R. Sf. Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional, Gestión de Desarrollo. 32 p.

VIFINEX (Proyecto Regional de Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos exportación No tradicional, SV). 1999. Manual técnico fitosanitario en piña. (en línea). PA, s.c. Consultado el 15 oct. 2006. disponible en <http://ns1.oirsa.org.sv/Publicaciones/VIFINEX/Di051007/Fitosanidad-en-pina.htm>

8 ANEXOS

ANEXO 1

Valores de “p” obtenidos en el ANDEVA realizado a cada una de las variables medidas en la investigación y su respectivo coeficiente de variación.

	p-valor en cada una de las fuentes de variación			
Variable	Fuente*Dosis	Fuente	Dosis	Coef. variación
Absorción de Nitrógeno	0,2525	0,4633	0,6233	22,24
Absorción de Fósforo	0,3510	0,0004	0,6319	28,41
Absorción de Potasio	0,4179	0,2313	0,9999	30,87
Absorción de Calcio	0,5398	0,2542	0,5173	22,43
Absorción de Magnesio	0,5532	0,0554	0,6156	18,80
Absorción de Azufre	0,5423	0,7327	0,9312	24,50
Absorción de Hierro	0,5094	0,0677	0,6307	23,48
Absorción de Manganeseo	0,3798	0,0008	0,1285	20,64
Absorción de Cobre	0,4294	0,0677	0,6307	21,92
Absorción de Zinc	0,3779	0,9645	0,9531	22,77
Absorción de Boro	0,3083	0,1575	0,7100	17,78
Peso fresco de planta	0,2353	0,2252	0,9294	18,72
Peso seco de la planta	0,2453	0,2807	0,9009	18,07
Color hoja "D"	0,3474	0,5217	0,8473	9,93
Ancho hoja "D"	0,1676	0,5829	0,7914	8,75
Peso de hoja "D"	0,3141	0,2035	0,8101	14,30
Largo de hoja "D"	0,1055	0,4337	0,8481	5,73
Cantidad de hojas	0,1921	0,6518	0,9952	8,25

ANEXO 2.

Resultado de los análisis realizados a cada fuente de abono en cada una de las tres aplicaciones realizadas.

Anexo 2.1. Resultados del análisis realizado a la Harina de Sangre en cada una de las tres aplicaciones realizadas en la investigación. Guatuso. 2008.

	%						mg/Kg						%	H ₂ O	mg/L	
Aplicación	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	HUM	pH	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
Primera	9,91	0,16	12,41	0,07	0,20	0,49	1607	2	27	11	3	32	7,9			
Segunda	9,20	0,22	14,64	0,11	0,18	0,46	1292	6	24	17	2	20	8,3	2234	8,36	
Tercera	13,91	0,32	0,49	0,03	0,29	0,60	2712	7	22	17	6	32	7,4	3861	83,48	

Anexo 2.2 Resultados del análisis realizado a la Harina de Pescado en cada una de las tres aplicaciones realizadas en la investigación. Guatuso. 2008

	%						mg/Kg						%	H ₂ O	mg/kg	
Aplicación	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	HUM	pH	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
Primera	9,69	3,12	5,49	0,20	0,48	0,66	839	4	159	29	5	8	5,5			
Segunda	8,88	4,76	9,13	0,23	0,34	0,57	672	9	149	42	4	7	6,1	1086	5,97	
Tercera	9,77	3,58	6,29	0,21	0,78	0,72	929	9	240	33	6	7	5,5	3959	8,20	

Anexo 2.3. Resultados del análisis realizado al Terrafert® en cada una de las tres aplicaciones realizadas en la investigación. Guatuso. 2008.

	%						mg/Kg						%	H ₂ O	mg/kg	
Aplicación	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	HUM	pH	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
Primera	13,88	0,42	0,85	0,07	0,33	1,48	1223	7	103	27	3	11				
Segunda	12,41	0,37	0,59	0,06	0,25	1,36	1095	10	99	23	3	14	5,1	1942	4,19	
Tercera	12,89	0,38	0,91	0,07	0,25	1,39	1109	12	97	24	3	12	5,1	2617	5,47	